

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年12月26日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-394737

出 願 人

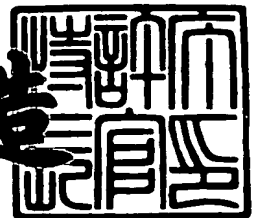
Applicant(s):

アルプス電気株式会社

2001年 9月20日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3086775

【書類名】 特許願

【整理番号】 001271AL

【提出日】 平成12年12月26日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 5/39

【発明の名称】 垂直磁気記録ヘッドの製造方法

【請求項の数】 9

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社
社内

 【氏名】 小林 潔

【特許出願人】

 【識別番号】 000010098

 【氏名又は名称】 アルプス電気株式会社

 【代表者】 片岡 政隆

【代理人】

 【識別番号】 100085453

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 野▲崎▼ 照夫

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 041070

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 垂直磁気記録ヘッドの製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 以下の工程を有することを特徴とする垂直磁気記録ヘッドの製造方法。

- (a) 磁性材料で補助磁極層を形成する工程、
- (b) 記録媒体との対向面となる面よりも奥側で、前記補助磁極層の上に磁性材料で接続層を形成する工程、
- (c) 前記記録媒体との対向面となる面よりも奥側の領域にコイル層を形成する工程、
- (d) 前記補助磁極層上に絶縁層を積層し、この絶縁層上にメッキ下地層を成膜する工程、
- (e) 前記メッキ下地層の上にレジスト層を形成して、前記対向面となる部分で、前記レジスト層に、トラック幅方向の内幅寸法が、補助磁極層から離れるにしたがって徐々に広がり、且つ前記対向面から奥側へ所定の奥行きを有する溝を形成する工程、
- (f) 前記溝内で、主磁極層をメッキで形成する工程、
- (g) 前記主磁極層の中心線に対して所定の角度だけ傾いた方向からミリング粒子を入射させるミリングで、前記主磁極層の上面を平坦化させる工程、
- (h) 前記レジスト層を除去する工程、
- (i) 前記主磁極層と前記接続層を、直接又は前記主磁極層の上と前記接続層の上にヨーク層を形成して、磁氣的に接続する工程、

【請求項 2】 前記 (e) の工程で、前記メッキ下地層の上にレジスト層を形成しこのレジスト層に溝をパターン形成した後、前記レジスト層を熱処理することにより、前記溝のトラック幅方向の内幅寸法を補助磁極層から離れるにしたがって徐々に広がる形状にする請求項 1 記載の垂直磁気記録ヘッドの製造方法。

【請求項 3】 前記 (e) の工程で、前記メッキ下地層の上にレジスト層を形成しこのレジスト層のパターニング精度を調節することにより、トラック幅方向の内幅寸法が補助磁極層から離れるにしたがって徐々に広がる溝をパターン形

成する請求項 1 記載の垂直磁気記録ヘッドの製造方法。

【請求項 4】 前記 (g) の工程において、前記所定の角度を 45° 以上 80° 以下とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の垂直磁気記録ヘッドの製造方法。

【請求項 5】 前記 (g) の工程において、前記所定の角度を 60° 以上 70° 以下とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の垂直磁気記録ヘッドの製造方法。

【請求項 6】 前記 (h) の工程の後に、

(j) 前記主磁極層の中心線に対して所定の角度だけ傾いた方向からミリング粒子を入射させるミリングで、前記主磁極層以外の領域で前記メッキ下地層を除去する工程を有する請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の垂直磁気記録ヘッドの製造方法。

【請求項 7】 前記 (d) の工程において、前記メッキ下地層を磁性材料を用いて形成する請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の垂直磁気記録ヘッドの製造方法。

【請求項 8】 前記 (d) の工程において、前記メッキ下地層を非磁性材料を用いて形成する請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の垂直磁気記録ヘッドの製造方法。

【請求項 9】 前記 (j) の工程において、前記主磁極層以外の領域で前記メッキ下地層を除去するときに、前記メッキ下地層のトラック幅方向の幅寸法を、前記主磁極層の底面のトラック幅方向の幅寸法よりも大きくする請求項 8 に記載の垂直磁気記録ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えばハード膜を有するディスクなどの記録媒体に対して垂直磁界を与えて記録を行う垂直磁気記録ヘッドの製造方法に係り、特に記録パターンにフリンジングが発生するのを抑制し、高記録密度化に対応可能な垂直磁気記録ヘッドの製造方法を提供することを目的としている。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

ディスクなどの記録媒体に磁気データを高密度で記録する装置として垂直磁気記録方式がある。図 3 2 は前記垂直磁気記録方式の装置に使用される垂直磁気記録ヘッドの一般的な構造を示す断面図である。

【 0 0 0 3 】

図 3 2 に示すように、垂直磁気記録方式の垂直磁気記録ヘッド H は、記録媒体上を浮上して移動しまたは摺動するスライダ 1 のトレーリング側端面 1 a に設けられるものであり、例えばスライダ 1 のトレーリング側端面 1 a において、前記垂直磁気記録ヘッド H は、非磁性膜 2 と、非磁性の被覆膜 3 との間に配置される。

【 0 0 0 4 】

前記垂直磁気記録ヘッド H は、強磁性材料で形成された補助磁極層 4 と、前記補助磁極層 4 の上に間隔を開けて形成された同じく強磁性材料で形成された主磁極層 5 とを有しており、前記補助磁極層 4 の端面 4 a と前記主磁極層 5 の端面 5 a とが、記録媒体 M d との対向面 H a に現れている。前記対向面 H a よりも奥側において、前記補助磁極層 4 と前記主磁極層 5 は、磁気接続部 6 において磁氣的に接続されている。

【 0 0 0 5 】

前記補助磁極層 4 と前記主磁極層 5 との間には Al_2O_3 、 SiO_2 などの無機材料による非磁性絶縁層 7 が位置しており、前記対向面 H a では、この非磁性絶縁層 7 の端面 7 a が、前記補助磁極層 4 の端面 4 a と前記主磁極層 5 の端面 5 a との間に現れている。

【 0 0 0 6 】

そして、前記非磁性絶縁層 7 内には、Cu などの導電性材料で形成されたコイル層 8 が埋設されている。

【 0 0 0 7 】

図 3 2 に示すように、主磁極層 5 の端面 5 a の厚み h w は、補助磁極層 4 の端面 4 a の厚み h r よりも小さくなっている。また前記主磁極層 5 のトラック幅方

向（図示X方向）の端面5 aの幅寸法はトラック幅であり、この幅寸法は、前記補助磁極層4のトラック幅方向の端面4 aの幅寸法よりも十分に小さくなっている。

【0008】

前記垂直磁気記録ヘッドHにより磁気記録が行われる記録媒体M dは、垂直磁気記録ヘッドHに対してY方向へ移動するものであり、その表面にハード膜M aが内方にソフト膜M bが設けられている。

【0009】

前記コイル層8に通電されることにより補助磁極層4と主磁極層5とに記録磁界が誘導されると、補助磁極層4の端面4 aと、主磁極層5の端面5 aとの間での漏れ記録磁界が、記録媒体M dのハード膜M aを垂直に通過し、ソフト膜M bを通る。ここで、前記のように主磁極層5の端面5 aの面積が、補助磁極層4の端面4 aでの面積よりも十分に小さくなっているため、主磁極層5の端面5 aの対向部分で磁束 ϕ が集中し、端面5 aが対向する部分での前記ハード膜M aに対し、前記磁束 ϕ により磁気データが記録される。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

図3 3は図3 2の垂直磁気記録ヘッドを記録媒体との対向面側から見た部分正面図である。図3 2及び図3 3の垂直磁気記録ヘッドの主磁極層5は、磁性材料からなるメッキ下地層5 b上に、磁性材料を用いてメッキ形成されている。メッキ形成された主磁極層5は上面5 cが凸状に湾曲した曲面になる。また、従来の垂直磁気記録ヘッドでは主磁極層5の側辺5 d、5 dがトラック幅方向（図示X方向）に対する垂直面となっている。

【0011】

図3 4は、図3 2及び図3 3に示された垂直磁気記録ヘッドによって信号が記録された記録媒体上の記録トラックの平面図である。

【0012】

スライダ1がディスク状の記録媒体M dの外周と内周との間を移動する際に、記録媒体M dの回転接線方向（図示Y方向）に対して前記主磁極層5の側辺5 d

、5 d が傾くスキュー角が発生することがある。ここで図 3 3 に示すように主磁極層 5 の側辺 5 d、5 d がトラック幅方向に対する垂直面であると、主磁極層 5 の側辺 5 d、5 d が記録媒体の回転接線方向（図示 Y 方向）に対してスキュー角を有するときに、破線で示すように主磁極層 5 の側辺 5 d、5 d がトラック幅 T w 寸法の外側に斜めの漏れ磁界を与えてフリンジング F が発生し、オフトラック性能の低下を招く。

【0 0 1 3】

また、主磁極層 5 の上面 5 c が凸状に湾曲した曲面であると、記録トラック上の磁区境界 B が湾曲し、再生波形のパルス幅が広くなり高記録密度化を進めると鮮明な記録磁化分布が得られなくなる。従って、記録トラックの長さ方向（図示 A 方向）の記録密度を上げることが難しくなる。

【0 0 1 4】

本発明は、上記従来の課題を解決するためのものであり、記録パターンにフリンジングが発生するのを抑制できオフトラック性能の向上を図ることが可能であり、また、記録トラックの長さ方向の記録密度を向上させることのできる垂直磁気記録ヘッドの製造方法を提供することを目的としている。

【0 0 1 5】

【課題を解決するための手段】

本発明の垂直磁気記録ヘッドの製造方法は、以下の工程を有することを特徴とするものである。

- （a）磁性材料で補助磁極層を形成する工程、
- （b）記録媒体との対向面となる面よりも奥側で、前記補助磁極層の上に磁性材料で接続層を形成する工程、
- （c）前記記録媒体との対向面となる面よりも奥側の領域にコイル層を形成する工程、
- （d）前記補助磁極層上に絶縁層を積層し、この絶縁層上にメッキ下地層を成膜する工程、
- （e）前記メッキ下地層の上にレジスト層を形成して、前記対向面となる部分で、前記レジスト層に、トラック幅方向の内幅寸法が、補助磁極層から離れるにし

たがって徐々に広がり、且つ前記対向面から奥側へ所定の奥行きを有する溝を形成する工程、

(f) 前記溝内で、主磁極層をメッキで形成する工程と

(g) 前記主磁極層の中心線に対して所定の角度だけ傾いた方向からミリング粒子を入射させるミリングで、前記主磁極層の上面を平坦化させる工程、

(h) 前記レジスト層を除去する工程、

(i) 前記主磁極層と前記接続層を、直接又は前記主磁極層の上と前記接続層の上にヨーク層を形成して、磁氣的に接続する工程、

本発明の垂直磁気記録ヘッドの製造方法によって、記録媒体との対向面に、補助磁極層と主磁極層とが間隔を開けて位置し、前記対向面よりも奥側に前記補助磁極層と前記主磁極層とに記録磁界を与えるコイル層が設けられ、前記主磁極層に集中する前記記録媒体平面に対する垂直方向磁界によって、前記記録媒体に磁気データを記録する垂直磁気記録ヘッドを得ることができる。

【0016】

本発明の垂直磁気記録ヘッドの製造方法では、前記(e)の工程において、前記レジスト層に、トラック幅方向の内幅寸法が、補助磁極層から離れるにしたがって徐々に広がり、且つ前記対向面から奥側へ所定の奥行きを有する溝を形成し、前記(f)の工程において、前記溝内で主磁極層を形成する。

【0017】

すなわち、得られた垂直磁気記録ヘッドの主磁極層は、前記対向面でトラック幅方向の内幅寸法が、前記補助磁極層から離れるにしたがって徐々に広くなるように、前記主磁極層の前記補助磁極層側の端辺よりも上辺(トレーリング側の端辺)が幅広とされている。すなわち前記対向面において前記主磁極層の正面形状が略逆台形になっている。

【0018】

前記対向面において前記主磁極層の正面形状が略逆台形になっていると、記録媒体に記録を行うとき、前記主磁極層の側辺が記録媒体の移動接線方向に対してスキュー角を生じて、前記側辺が記録トラックの外にはみ出すことを防ぐことができ、フリンジングを防止できるようになり、オフトラック性能の向上を図る

ことができる。

【0019】

本発明では、前記（e）の工程で、前記メッキ下地層の上にレジスト層を形成しこのレジスト層に溝をパターン形成した後、前記レジスト層を熱処理することにより、前記溝のトラック幅方向の内幅寸法を補助磁極層から離れるにしたがって徐々に広がる形状にすることができる。

【0020】

または、本発明では、前記（e）の工程で、前記メッキ下地層の上にレジスト層を形成しこのレジスト層のパターニング精度を調節することにより、トラック幅方向の内幅寸法が補助磁極層から離れるにしたがって徐々に広がる溝をパターン形成することができる。

【0021】

なお、本発明では、前記（g）の工程の間において、前記主磁極層の上面を平坦化させることにより、前記対向面において前記主磁極層の前記上辺を直線形状にすることができる。

【0022】

前記記録媒体は、垂直磁気記録ヘッドの前記補助磁極層側からヨーク層側に向かう方向に走行する。従って、前記記録媒体上の記録トラックの磁区境界の形状は、前記主磁極層の上辺の形状によって決まる。

【0023】

前記主磁極層の前記上辺が直線状にされていると前記記録トラックの磁区境界も直線形状となり、記録トラックの長さ方向の記録密度を上げてても鮮明な記録磁化分布を得ることができ、良好な記録再生特性を得ることができる。

【0024】

また本発明では、前記主磁極層の両側に前記レジスト層が位置している状態で、前記主磁極層をイオンミリングにかける。すなわち、前記（g）の工程のイオンミリングによって削られるのは前記主磁極層の上面のみである。

【0025】

前記主磁極層は略逆台形に形成されているので、高さ方向に削れると前記上面

の内幅方向の寸法も小さくなる。すなわち、前記主磁極層の上面を研削することによって、垂直磁気記録ヘッドのトラック幅寸法をより小さくすることができる。

【0026】

前記主磁極層の両側の前記レジスト層を除去した状態で、前記主磁極層をイオンミリングにかけると、前記主磁極層の前記一層側の端面と同時に前記主磁極層の側面も削れてしまうために、前記主磁極層の前記上面の内幅寸法を所定の値に正確に加工することが困難になる。

【0027】

一方、本発明では、イオンミリングによって前記主磁極層の前記上面のみが研削され、前記主磁極層の側面は研削されないので、前記主磁極層は高さ方向にのみ削れていく。従って、前記（g）の工程のイオンミリングによる前記主磁極層の加工精度を向上させることが容易になり、垂直磁気記録ヘッドのトラック幅寸法をより正確に規定することができる。

【0028】

前記（i）の工程において、前記所定の角度を 45° 以上 80° 以下とすることが好ましく、より好ましくは、前記所定の角度を 60° 以上 70° 以下とすることである。

【0029】

なお、本発明では、前記（h）の工程の後に、
（j）前記主磁極層の中心線に対して所定の角度だけ傾いた方向からミリング粒子を入射させるミリングで、前記主磁極層以外の領域で前記メッキ下地層を除去し、さらに前記主磁極層の側面に付着した前記下地膜の材料を前記ミリングで除去する工程を有してもよい。

【0030】

なお、前記（d）の工程において、前記メッキ下地層を磁性材料を用いて形成してもよいし、前記メッキ下地層を非磁性材料を用いて形成してもよい。

【0031】

前記メッキ下地層を非磁性材料を用いて形成した場合には、前記（j）の工程

において、前記主磁極層の形成後余分な前記メッキ下地層を除去した後、前記主磁極層に重なる領域以外の領域に前記メッキ下地層が残っても、あるいは前記主磁極層の側面に前記下地膜の材料が付着しても、垂直磁気記録ヘッドの記録特性に大きな影響を及ぼさないようにできる。

【 0 0 3 2 】

従って、前記 (j) の工程において、前記主磁極層以外の領域で前記メッキ下地層を除去するときに、前記メッキ下地層のトラック幅方向の幅寸法を、前記主磁極層の底面のトラック幅方向の幅寸法よりも大きくしてもよい。

【 0 0 3 3 】

【発明の実施の形態】

図 1 は本発明の第 1 実施形態の垂直磁気記録ヘッドの構造を示す縦断面図である。図 2 は垂直磁気記録ヘッドを記録媒体との対向面から見た部分正面図である。

【 0 0 3 4 】

図 1 に示す垂直磁気記録ヘッド H v は記録媒体 M d に垂直磁界を与え、記録媒体 M d のハード膜 M a を垂直方向に磁化させるものである。

【 0 0 3 5 】

記録媒体 M d はディスク状であり、その表面に残留磁化の高いハード膜 M a が、内方に磁気透過率の高いソフト膜 M b を有しており、ディスクの中心が回転軸中心となって回転させられる。

【 0 0 3 6 】

垂直磁気記録ヘッド H v のスライダ 1 1 は $Al_2O_3 \cdot TiC$ などの非磁性材料で形成されており、スライダ 1 1 の対向面 1 1 a が記録媒体 M d に対向し、記録媒体 M d が回転すると、表面の空気流によりスライダ 1 1 が記録媒体 M d の表面から浮上し、またはスライダ 1 1 が記録媒体 M d に摺動する。垂直磁気記録ヘッドはスライダ 1 1 のトレーリング側端面 1 1 b 側に設けられている。図 1 においてスライダ 1 1 に対する記録媒体 M d の移動方向は図示 Z 方向である。

【 0 0 3 7 】

スライダ 1 1 のトレーリング側端面 1 1 b には、 Al_2O_3 または SiO_2 など

の無機材料による非磁性絶縁層 54 が形成されて、この非磁性絶縁層 54 の上に読取り部 H_R が形成されている。

【0038】

読み取り部 H_R は、下から下部シールド層 52、ギャップ層 55、磁気抵抗効果素子 53、および上部シールド層 51 から成る。磁気抵抗効果素子 53 は、異方性磁気抵抗効果 (AMR) 素子、巨大磁気抵抗効果 (GMR) 素子、トンネル磁気抵抗効果 (TMR) 素子などである。上部シールド層 51 の上には、 Al_2O_3 または SiO_2 などの無機材料による非磁性絶縁層 12 が形成されて、非磁性絶縁層 12 の上に本発明の記録用の垂直磁気記録ヘッド H_v が設けられている。そして垂直磁気記録ヘッド H_v は無機非磁性絶縁材料などで形成された保護層 13 により被覆されている。そして垂直磁気記録ヘッド H_v の記録媒体との対向面 $H1a$ は、スライダ 11 の対向面 11a とほぼ同一面である。

【0039】

垂直磁気記録ヘッド H_v では、パーマロイ ($Ni-Fe$) などの強磁性材料がメッキされて補助磁極層 21 が形成されている。補助磁極層 21 はいわゆるリターンパス層である。非磁性絶縁層 12 は、補助磁極層 21 の下 (補助磁極層 21 と上部シールド 51 との間) および補助磁極層 21 の周囲に形成されている。そして図 1 に示すように、補助磁極層 21 の表面 (上面) 21a と非磁性絶縁層 12 の表面 12a とは同一の平面上に位置している。

【0040】

図 1 に示すように、対向面 $H1a$ よりも奥側 (ハイト方向、図示 X 方向) では、補助磁極層 21 の表面 21a 上に $Ni-Fe$ などの接続層 25 が形成されている。

【0041】

接続層 25 の周囲において、補助磁極層 21 の表面 21a および非磁性絶縁層 12 の表面 12a 上に、 Al_2O_3 などの非磁性絶縁層 26 が形成されて、この非磁性絶縁層 26 の上に Cu などの導電性材料によりコイル層 27 が形成されている。このコイル層 27 はフレームメッキ法などで形成されたものであり、接続層 25 の周囲に所定の巻き数となるように螺旋状にパターン形成されている。コイ

ル層 2 7 の巻き中心側の接続端 2 7 a 上には同じく Cu などの導電性材料で形成された底上げ層 3 1 が形成されている。

【 0 0 4 2 】

コイル層 2 7 および底上げ層 3 1 は、レジスト材料などの有機材料の絶縁層 3 2 で被覆されており、さらに絶縁層 3 3 で覆われている。

【 0 0 4 3 】

絶縁層 3 3 は無機絶縁材料で形成されることが好ましく、無機絶縁材料としては、 AlO 、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 Ta_2O_5 、 TiO 、 AlN 、 $AlSiN$ 、 TiN 、 SiN 、 Si_3N_4 、 NiO 、 WO 、 WO_3 、 BN 、 CrN 、 $SiON$ のうち少なくとも 1 種以上を選択できる。

【 0 0 4 4 】

そして接続層 2 5 の表面 2 5 a、底上げ層 3 1 の表面 3 1 a、および絶縁層 3 3 の表面 3 3 a は、同一面となるように加工されている。このような平坦化加工は後述の製造方法で説明するように、CMP 技術などを用いて行なわれる。

【 0 0 4 5 】

この第 1 実施形態では、絶縁層 3 3 の上に、NiFe からなる主磁極層 2 4 が形成されており、主磁極層 2 4 の前端面 2 4 a は、対向面 H 1 a と同一面とされている。主磁極層 2 4 は非磁性材料からなるメッキ下地層 2 4 b 上にメッキ形成されている。

【 0 0 4 6 】

絶縁層 3 3 の上には、NiFe 合金などからなるヨーク層 3 5 が形成されている。ヨーク層 3 5 はメッキ下地層 2 4 b 上にメッキ形成されている。図 1 では、主磁極層 2 4 の後方部 2 4 c とヨーク層 3 5 の先部領域 3 5 b が磁氣的に接続され、またヨーク層 3 5 の後方領域 3 5 c は接続層 2 5 の表面 2 5 a に磁氣的に接続された状態になっている。

【 0 0 4 7 】

また、主磁極層 2 4 がハイト方向奥側に延され、主磁極層 2 4 の基端部が接続層 2 5 の表面 2 5 a に磁氣的に接続され、主磁極層 2 4 の上層にヨーク層 3 5 が形成されてもよい。

【0048】

またヨーク層35の前端面35aは、対向面H1aよりもハイト方向奥側に位置して保護層13内に埋没しており、対向面H1aには現れていない。

【0049】

なお本実施の形態ではヨーク層35の厚みH2は、主磁極層24の厚みH1よりも厚く形成される。

【0050】

またヨーク層35の前端面35aは、ハイト方向（図示X方向）に対する垂直面となっている。ただし、ヨーク層35の前端面35aが下面から上面に向けてハイト方向に傾く傾斜面あるいは湾曲面で形成されてもよい。ヨーク層35の下に形成される主磁極層24の上面とヨーク層35の前端面35a間の外角 $\theta 1$ は 90° 以上であることが好ましい。これによって主磁極層24からヨーク層35に向けて漏れる磁界を少なくでき主磁極層24により磁界を集中させることができるからである。

【0051】

また図1に示すように、底上げ層31の表面31aにはリード層36が形成され、リード層36から底上げ層31およびコイル層27に記録電流の供給が可能となっている。なお、リード層36はヨーク層35と同じ材料で形成でき、ヨーク層35とリード層36を同時にメッキで形成することが可能である。そして、ヨーク層35およびリード層36が Al_2O_3 からなる保護層13に覆われている。

【0052】

図2に示すように、対向面H1aに現れている主磁極層24は、トラック幅方向（図示Y方向）の内幅寸法が、補助磁極層21から離れるにしたがって徐々に広くなるように、主磁極層24の補助磁極層21側の端辺24dよりもヨーク層35側の端辺24eが幅広とされている。すなわち対向面H1aにおいて主磁極層24の正面形状が略逆台形になっている。なお、図2では主磁極層24の側辺24f1, 24f1が直線形状になっているが、側辺24f1, 24f1が湾曲していてもよい。

【0053】

主磁極層 24 の周囲は、保護層 13 に覆われている。

図 1 及び図 2 に示された垂直磁気記録ヘッドのトラック幅 T_w 寸法はヨーク層 35 側の端辺 24 e の内幅寸法によって規制される。本発明では、トラック幅 T_w 寸法を $0.5 \mu m$ 以下、さらには $0.3 \mu m$ 以下にできる。また、メッキ下地層 24 b の高さ寸法と主磁極層 24 の高さ寸法を合わせたポール長 P は約 $0.3 \mu m$ である。メッキ下地層 24 b の厚さは $15 \sim 50 nm$ である。

【0054】

メッキ下地層 24 b は、Cu, Au, Pd, Rh, Ru, Pt, Ni, Lu, NiP, NiPd, NiW, NiB, NiMo, Ir, NiCu, NiCr, Cr, Ti などの非磁性材料を用いて形成されている。メッキ下地層 24 b が非磁性材料を用いて形成されていると、主磁極層 24 の側辺 24 f1, 24 f1 とメッキ下地層 24 b の側辺 24 b1, 24 b1 が連続した直線形状または曲線形状を構成していなくとも、例えば、図 2 に示されるように、主磁極層 24 の底面の内幅寸法よりもメッキ下地層 24 b の内幅寸法の方が大きくなっても記録媒体上の記録トラックパターンが乱れることを防ぐことができる。

【0055】

または、メッキ下地層 24 b は NiFe, Ni などの磁性材料を用いて形成されてもよい。メッキ下地層 24 b が磁性材料を用いて形成されるときには、後述するように、主磁極層 24 の側辺 24 f1, 24 f1 とメッキ下地層 24 b の側辺 24 b1, 24 b1 が連続した直線形状または曲線形状を構成して、メッキ下地層 24 b と主磁極層 24 とが一つの略逆台形を構成していることが好ましい。

【0056】

メッキ下地層 24 b と主磁極層 24 とが一つの略逆台形を構成していると、メッキ下地層 24 b が磁性材料を用いて形成された場合でもメッキ下地層 24 b から発生する漏れ磁界によって、記録媒体上の記録トラックパターンが乱れることを防ぐことができる。

【0057】

また、本実施の形態では、対向面 H1 a において、主磁極層 24 のヨーク層 3

5側の端辺24eが直線形状にされている。

【0058】

なお、主磁極層24のヨーク層35側の端辺24eと側辺24f1がなす角 θ_2 は、 60° 以上で 90° 未満であることが好ましく、より好ましくは、 60° 以上 80° 以下である。

【0059】

図3に示すように、ヨーク層35は奥側に至るにしたがって幅寸法 W_y が徐々に広がる形状であり、この幅寸法 W_y が徐々に広がる部分のヨーク層35が主磁極層24の上に重ねられている。

【0060】

または、図4に示すように、ヨーク層35は、対向面H1a側である先部領域35bでトラック幅方向の幅寸法 W_y が細くなり、後方領域35cでトラック幅方向の幅寸法が徐々に大きくなる平面形状であって、前方領域35bが主磁極層24の上に重ねられていてもよい。

【0061】

または図5に示すように、主磁極層24の後方部24cが幅寸法が徐々に広がる形状であり、この後方部24cにヨーク層35が重ねられていてもよい。

【0062】

図5のように、主磁極層24の後方部24cが徐々に幅広になる形状であると、ヨーク層35から主磁極層24への磁束の通過効率が良くなって、オーバーライト特性を向上できる。なお、図5のように、主磁極層24の幅広の後方部24cがヨーク層35内に完全に入り込んだ平面形状であると、後方部24cが、ヨーク層35から前方にはみ出ているものよりも、ヨーク層35から主磁極層24への磁束の通過効率がよくなる。

【0063】

図3、図4、図5のいずれの構造においても、対向面H1aに現れている補助磁極層21の前端面21bのトラック幅方向の幅寸法 W_r よりも、対向面H1aに現れている主磁極層24の前端面24aのトラック幅 T_w 寸法が十分に小さくなっている。また図1に示すように、補助磁極層21の厚み H_3 よりも主磁極層

24の厚み H_1 が小さくなっている。よって、対向面 H_1a に現れている主磁極層24の前端面24aの面積は、補助磁極層21の前端面21bの面積よりも十分に小さくなっている。また、主磁極層24の厚み H_1 は、ヨーク層35の厚み H_2 よりも小さい。

【0064】

そして、対向面 H_1a と平行な面で切断したときの断面で見たときに、主磁極層24の断面積は、ヨーク層35の後方領域部分の断面積よりも小さくなっている。

【0065】

そして好ましくは、主磁極層24はヨーク層35よりも飽和磁束密度 B_s が高い磁性材料で形成されている。

【0066】

この垂直磁気記録ヘッド H_v では、リード層36を介してコイル層27に記録電流が与えられると、コイル層27を流れる電流の電流磁界によって補助磁極層21とヨーク層35に記録磁界が誘導される。図1に示すように、対向面 H_1a では、主磁極層24の前端面24aと補助磁極層21の前端面21bからの漏れ記録磁界が、記録媒体 M_d のハード膜 M_a を貫通しソフト膜 M_b を通過する。主磁極層24の前端面24aの面積が補助磁極層21の前端面21bの面積よりも十分に小さいために、主磁極層24の前端面24aに漏れ記録磁界の磁束 ϕ が集中し、この集中している磁束 ϕ によりハード膜 M_a が垂直方向へ磁化されて、磁気データが記録される。主磁極層24の前端面24aから発生する又は吸収される漏れ記録磁界によってハード膜 M_a の磁束密度は飽和し、補助磁極層21の前端面21bに吸収される又は発生する漏れ記録磁界によってはハード膜 M_a はほとんど磁化されない。

【0067】

また、この垂直磁気記録ヘッド H_v では、主磁極層24とヨーク層35とが別の層として形成されているため、主磁極層24のトラック幅 T_w 寸法および厚み H_1 を、ヨーク層35の幅寸法 W_y および厚み H_2 と別のものとして設定することができる。したがって、主磁極層24のトラック幅 T_w 寸法を小さくして、狭

トラックによる記録を可能にできる。しかもヨーク層 3 5 を十分に大きな断面積となるように形成できるため、コイル層 2 7 で誘導された記録磁界の多くの磁束をヨーク層 3 5 から主磁極層 2 4 へ導くことができる。

【 0 0 6 8 】

そして、主磁極層 2 4 をヨーク層 3 5 よりも飽和磁束密度 B_s の高い磁性材料で形成しておく、トラック幅 T_w 寸法と厚み H_1 の小さい主磁極層 2 4 からハード膜 M_a に対して密度の高い磁束 ϕ を垂直方向へ与えることが可能となり、オーバーライト特性が向上するようになる。

【 0 0 6 9 】

図 6 は、図 1 及び図 2 に示された垂直磁気記録ヘッドによって信号が記録された記録媒体上の記録トラックの平面図である。

【 0 0 7 0 】

スライダ 1 1 がディスク状の記録媒体 M_d の外周と内周との間を移動する際に、記録媒体 M_d の回転接線方向（図示 Z 方向）に対して主磁極層 2 4 の側辺 2 4 f_1 、2 4 f が傾くスキュー角が発生することがある。図 2 に示すように、対向面 $H_1 a$ に現れている主磁極層 2 4 は、トラック幅方向（図示 Y 方向）の内幅寸法が、補助磁極層 2 1 から離れるにしたがって徐々に広くなるように、主磁極層 2 4 の補助磁極層 2 1 側の端辺 2 4 d よりもヨーク層 3 5 側の端辺 2 4 e が幅広とされ、対向面 $H_1 a$ において主磁極層 2 4 の正面形状が略逆台形になっている。

【 0 0 7 1 】

従って、主磁極層 2 4 の側辺 2 4 f_1 、2 4 f が記録媒体の回転接線方向（図示 Z 方向）に対してスキュー角を有するときに、破線で示すように側辺 2 4 f_1 が記録トラック幅 T_w 寸法から側方へ斜めに大きくはみ出すことがない。よって側辺 2 4 f_1 によるフリンジングを防止できるようになり、オフトラック性能の向上を図ることができる。

【 0 0 7 2 】

また、主磁極層 2 4 の上辺（トレーリング側の端辺）2 4 e が直線形状であるので、記録トラック上の磁区境界 B_1 または B_2 も直線形状となり、再生波形の

パルス幅が狭くなり高記録密度化を進めたときでも鮮明な記録磁化分布が得られる。従って、記録トラックの長さ方向（図示Z方向）の記録密度を上げることが容易になる。

【 0 0 7 3 】

図 1 ないし図 3 に示された垂直磁気記録ヘッドの製造方法について以下に説明する。図 7 から図 1 0 に示す一工程図は垂直磁気記録ヘッドの縦断面図を示している。

【 0 0 7 4 】

図 7 に示す工程では、非磁性絶縁層 1 2 上に磁性材料製の補助磁極層 2 1 を形成した後、補助磁極層 2 1 のハイト方向後方も非磁性絶縁層 1 2 で埋め、さらに補助磁極層 2 1 および非磁性絶縁層 1 2 の上面をCMP技術などを用いて平坦化加工する。

【 0 0 7 5 】

次に、図 8 に示すように、補助磁極層 2 1 のハイト方向後方に、磁性材料製の接続層 2 5 をメッキ形成する。なお、接続層 2 5 の形成は、後述するコイル層 2 7 の形成後に行ってもよい。

【 0 0 7 6 】

次に、図 9 に示すように、補助磁極層 2 1 の表面 2 1 a から接続層 2 5 の上面にかけて無機絶縁材料をスパッタして非磁性絶縁層 2 6 を形成する。さらに、非磁性絶縁層 2 6 の上にフレームメッキ法を用いて、Cuなどの導電性材料により、コイル層 2 7 を形成し、底上げ層 3 1 を同じくメッキにより形成する。このときコイル層 2 7 は、接続層 2 5 の高さよりも十分に低い位置に形成する。そしてコイル層 2 7 と底上げ層 3 1 を有機材料の絶縁層 3 2 で覆い、さらに、無機絶縁材料をスパッタして、全ての層を覆う絶縁層 3 3 を形成する。

【 0 0 7 7 】

次に、図 9 の状態に成膜された各層に対して、図示上方からCMP技術などを用いて研磨加工を行なう。この研磨加工は、絶縁層 3 3、接続層 2 5 および底上げ層 3 1 の全てを横断する水平面（L-L面）の位置まで行なう。

【 0 0 7 8 】

研磨加工の結果、図10に示すように、接続層25の表面25a、絶縁層33の表面33aおよび底上げ層31の表面31aが全て同一面となるように加工される。

【0079】

次に図1ないし図3に示す垂直磁気記録ヘッドの主磁極層24の製造方法について説明する。図11及び図12は製造方法を工程別に示したものであるが、各図において(B)は製造過程にある垂直磁気記録ヘッドの主磁極層24の形成部分周辺を上方向から見た部分平面図、(A)は(B)のA-A矢視方向から見た部分断面図である。

【0080】

図11に示す工程では、まず絶縁層33の表面33a、接続層25の表面25a、および底上げ層31の表面31aの全体にメッキ下地層24bを成膜し、メッキ下地層24bの上一面にレジスト層40を形成し、露光現像により、記録媒体との対向面となる部分に、前記対向面から奥側へ所定の奥行きを有し主磁極層24の抜きパターンとなる溝40aを形成する。溝40aは、図示左側に向かうに従って内幅方向(図示Y方向)の寸法が大きくなるメッキ溜め溝40a2と内幅方向の寸法が一定である磁極形成溝40a1からなる。なお、レジスト層40の外側のメッキ下地層24bが露出している部分は、後のメッキ形成の工程においてダミーメッキを形成するためのダミー形成部41である。

【0081】

メッキ下地層24bは $t_1 = 15 \sim 50 \text{ nm}$ の厚さで形成した。メッキ下地層24bはCu, Au, Pd, Rh, Ru, Pt, NiLu, NiP, NiPd, NiW, NiB, NiMo, Ir, NiCu, NiCr, Cr, Tiなどの非磁性材料を用いて形成する。または、メッキ下地層24bをNiFe, Ni等の磁性材料を用いて形成してもよい。

【0082】

レジスト層40の形成及び露光現像は以下の条件で行った。

レジスト厚(t_2): $0.5 \sim 2.0 \mu\text{m}$

露光には、i線、好ましくはKrF、EBを用いて行い、微細な解像度を得た。

【0083】

なお、溝40aのトラック幅方向の幅寸法W1は0.15～0.4 μ mとした。

【0084】

溝40aの形成後、レジスト層40を熱処理して、溝40aの側面40b、40bを傾斜面或いは湾曲面とする。すなわち、溝40aのトラック幅方向の内幅寸法が、補助磁極層21から離れるにしたがって徐々に広がるようにする。図12(A)では、溝40aの側面40b、40bを傾斜面としている。

【0085】

レジスト層40の熱処理条件を以下に示す。

熱処理温度：80℃～140℃

熱処理時間：5～20min

熱処理後のメッキ下地層24bの表面とレジスト層40の側面40bがなす角 $\theta 3$ を60°以上90°未満、より好ましくは、60°以上80°以下にする。本実施の形態では $\theta 3 = 65^\circ$ としている。前記 $\theta 3$ の大きさを規定することにより、形成される主磁極層24の側面のテーパ角を規定することができる。

なお、溝40aの底面40cのトラック幅方向寸法W3は0.15～0.4 μ mであり、W1とW3の間には $W1 > W3$ の関係がある。

【0086】

本発明では、主に、レジスト層40の厚さt2、溝40aの底面40cのトラック幅方向寸法W3、及びメッキ下地層24bの表面とレジスト層40の側面40bがなす角 $\theta 3$ を規定することによって主磁極層24の主磁極層24の上面24jの内幅方向の寸法、すなわちトラック幅Tw寸法を規定することができる。

【0087】

図13は、図12(A)に示した工程の後、溝40a内及びダミー形成部41上で、NiFeなどの磁性材料を用いてメッキ形成した状態を示す断面図である。溝40内には主磁極層24が形成され、ダミー形成部41上にはダミーメッキ42が形成される。ダミーメッキ42があると、メッキの品質を良くすることができる。メッキの形成にはパルスメッキ法を用いる。ただし、ダミー形成部41

及びダミーメッキ42は必ずしも形成されなくともよい。

【0088】

なお、本実施の形態では、主磁極層24の上面24jの内幅寸法W4が0.35 μ mとなるように設定されている。この主磁極層24の上面の内幅寸法W4は、上述した熱処理後のメッキ下地層24bの表面とレジスト層40の側面40bがなす角 θ 3、溝40aの底面40cのトラック幅方向寸法W3及び主磁極層24のメッキ厚さを設定することによって規定することができる。

【0089】

メッキ形成直後の上面24jは、図13に示されるように中央部分が盛り上がった湾曲面になっている。

【0090】

次に、図13の図示上方向から主磁極層24の縦方向の中心線Cに対して所定の角度 θ 4だけ傾いた方向からミリング粒子Mを入射させる異方性イオンミリングを行う。

【0091】

本発明では、主磁極層24の両側にレジスト層40が位置している状態で、主磁極層24をイオンミリングにかけているので、本工程のイオンミリングによって削られるのは主磁極層24の上面24jのみである。

【0092】

主磁極層24は図13に示されるように略逆台形に形成されているので、高さ方向に削れると上面24jの内幅方向の寸法も小さくなる。すなわち、主磁極層24の上面24jを研削することによって、垂直磁気記録ヘッドのトラック幅Tw寸法をより小さくすることができる。

【0093】

主磁極層24の両側のレジスト層40を除去した状態で、主磁極層24をイオンミリングにかけると、主磁極層24の上面24jと同時に側面24f、24fも削れてしまうために、主磁極層24の上面24jの内幅寸法を所定の値に正確に加工することが困難になる。

【0094】

一方、本発明では、イオンミリングによって主磁極層24の上面24jのみが研削され、側面24f、24fは研削されないので、主磁極層24は高さ方向（図示Z方向）にのみ削れていく。従って、本工程のイオンミリングによる主磁極層24の加工精度を向上させることが容易になり、垂直磁気記録ヘッドのトラック幅Tw寸法をより正確に規定することができる。

また、この主磁極層24の縦方向の中心線Cに対する斜め方向からのイオンミリングによって、主磁極層24の上面24jを平坦化させることができる。

【0095】

なお、主磁極層24の材料であるNiFeとレジスト層40の材料である有機レジストは、同程度のエッチングレートを有しているので、レジスト層40も主磁極層24及びダミーメッキ42と同じように削れていく。

【0096】

中心線Cに対する所定の角度 θ_4 は45度以上80度以下にすることが好ましく、より好ましくは60度以上70度以下である。本実施の形態では、 θ_4 を70°に設定している。

【0097】

図14は、イオンミリング後の主磁極層24の断面図である。イオンミリング後、主磁極層24の上面24jは平坦化され、直線形状になっている。

【0098】

イオンミリング終了後、図15に示すごとくレジスト層40を除去する。次に、図15に示すように、主磁極層24をレジスト43で覆って保護し、ダミーメッキ42をエッチングによって除去する。ダミーメッキ42が除去された状態の主磁極層24の形成部分周辺を上方向から見た部分平面図が図16（B）、図16（B）をA-A矢視方向から見た部分断面図が図16（A）である。図16に示された工程にある主磁極層24は、内幅方向（図示Y方向）の寸法が図示左方向に向かうに従って大きくなるメッキ溜め部24gと内幅方向（図示Y方向）の寸法が一定である磁極形成部24hからなっている。メッキ溜め部24gが形成されると主磁極層24をメッキ形成するときに均一なメッキを形成することが容易になる。なお、メッキ溜め部24gは、後の製造工程において研磨除去され、

完成した垂直磁気記録ヘッドには存在しない。すなわち、図 1 6 (B) に示される磁極形成部 2 4 h のみが完成した垂直磁気記録ヘッドの主磁極層 2 4 になる。完成した垂直磁気記録ヘッドの記録媒体との対向面は、A-A 線で示される面になる。

【 0 0 9 9 】

イオンミリング後の主磁極層 2 4 の磁極形成部 2 4 h の補助磁極層 2 1 側の端面 2 4 i の内幅方向の寸法 W 6 は $0.15 \sim 0.4 \mu\text{m}$ 、上面 2 4 j の内幅方向の寸法 W 7 (トラック幅 T w 寸法) は $0.25 \sim 0.54 \mu\text{m}$ 、高さ寸法 t 4 は $0.2 \sim 0.45 \mu\text{m}$ である。補助磁極層 2 1 側の端面 2 4 i と側面 2 4 f とがなす角 $\theta 5$ は 65° である。

【 0 1 0 0 】

なお、図 1 6 (A) に示される、主磁極層 2 4 の側面 2 4 f とメッキ下地層 2 4 b とがなす角 $\theta 5$ の大きさは、前述したレジスト層 4 0 の側面 4 0 b とメッキ下地層 2 4 b とがなす角 $\theta 3$ の大きさに等しく、さらに図 2 に示された主磁極層 2 4 の上辺 2 4 e と側辺 2 4 f とがなす角 $\theta 2$ (テーパ角) に等しい。

【 0 1 0 1 】

図 1 7 は、図 1 6 に示される工程終了後の垂直磁気記録ヘッドの縦断面図である。図 1 7 に示された垂直磁気記録ヘッドでは、主磁極層 2 4 の断面形状は図 1 6 に示される略逆台形となっている。

【 0 1 0 2 】

主磁極層 2 4 をメッキ形成するために使用したメッキ下地層 2 4 b は、絶縁層 3 4 上、接続層 2 5 の表面 2 5 a 上及び底上げ層 3 1 の表面 3 1 a 上にも成膜されている。

【 0 1 0 3 】

次に、図 1 8 の工程に示すように、メッキ下地 2 4 b を用いて主磁極層 2 4 及び接続層 2 5 上に磁氣的に接続されるヨーク層 3 5 をメッキ形成する。このときヨーク層 3 5 のトラック幅方向における幅寸法が前記主磁極層 2 4 と重ねられた位置での前記主磁極層の幅寸法より幅広になる。

【 0 1 0 4 】

なお、主磁極層 24 の平面形状を図 4 または図 5 に示された形状にするには、図 11 に示す工程において、レジスト層 40 を露光現像するときの溝 40a の磁極形成溝 40a1 の抜き形状を、図 4 または図 5 に示された主磁極層 24 の平面形状と同じ形状にすればよい。

【0105】

ヨーク層 35 の前端部の形状は、図 3、図 4、または図 5 に示される形状で形成することができ、また主磁極層 24 上にヨーク層 35 を重ねるときには、図 3、図 4、図 5 に示されるような位置で重ねあわせる。

【0106】

またヨーク層 35 の前端面 35a は、対向面となる面よりもハイト方向奥側に位置するように形成される。

【0107】

なお本実施の形態ではヨーク層 35 の厚さ H_2 は、主磁極層 24 の厚さ H_1 よりも厚く形成される。

【0108】

またヨーク層 35 の前端面 35a は、ハイト方向（図示 X 方向）に対する垂直面となっている。ただし、ヨーク層 35 の前端面 35a が下面から上面に向けてハイト方向に傾く傾斜面あるいは湾曲面で形成されてもよい。ヨーク層 35 の下に形成される主磁極層 24 の上面とヨーク層 35 の前端面 35a 間の外角 θ_1 は 90° 以上であることが好ましい。これによって主磁極層 24 からヨーク層 35 に向けて漏れる磁界を少なくでき主磁極層 24 により磁界を集中させることができるからである。

【0109】

なお、主磁極層 24 はヨーク層 35 よりも飽和磁束密度 B_s が高い磁性材料で形成されることが好ましい。

【0110】

次に底上げ層 31 と電氣的に接続されるリード層 36 を、底上げ層 31 上に Cu などの導電性材料を用いてメッキ形成し、ヨーク層 35 及びリード層 36 周辺の余分なメッキ下地層 24b をイオンミリングによって除去し、ヨーク層 35 及

びリード層36の絶縁をとる。

【0111】

本実施の形態では、メッキ下地層24bが、Cu, Au, Pd, Rh, Ru, Pt, NiLu, NiP, NiPd, NiW, NiB, NiMo, Ir, NiCu, NiCr, Cr, Tiなどの非磁性材料を用いて形成されているので、主磁極層24周辺に残存していても、記録媒体上の記録トラックパターンが乱れることを防ぐことができる。すなわち、メッキ下地層24bの除去は、ヨーク層35及びリード層36などの電氣的な絶縁がとれる程度に行われればよい。

【0112】

ただし、図21に示すように、主磁極層24の下層以外にある全てのメッキ下地層24bをイオンミリングによって除去してもよい。このとき、主磁極層24の側辺24f1, 24f1とメッキ下地層24bの側辺24b1, 24b1が連続した直線形状または曲線形状を構成して、メッキ下地層24bと主磁極層24とが一つの略逆台形を構成していることが好ましい。主磁極層24の下層以外にある全てのメッキ下地層24bを除去する場合には、メッキ下地層の材料にNiFeやNiなどの磁性材料を用いることができる。

【0113】

なお、主磁極層24の下層以外にある全てのメッキ下地層24bをイオンミリングによって除去すると、図21に示すように、主磁極層24の下面両側に形成されている絶縁層33の表面33aは、主磁極層24から離れるにしたがって下面方向へ傾斜する傾斜面となる。または、絶縁層33の表面は、主磁極層24から離れるにしたがって下面方向へ湾曲する湾曲面33bとなることもある。

【0114】

しかし、主磁極層24の下層以外にある全てのメッキ下地層24bを除去すると、主磁極層24の側面24f, 24fに、除去されたメッキ下地層24bの材料が再付着したり、主磁極層24の側面24f, 24fが削られたり、主磁極層24の上面24jが削られて、主磁極層24のトラック幅方向（内幅方向）の幅寸法がバラつくことがあるので、メッキ下地層24bの材料に非磁性材料を用いて、図20（A）（B）に示すごとく、主磁極層24周辺のメッキ下地層は除去

しないことが好ましい。

【0115】

なお、前記ヨーク層35と同時に、磁性材料を用いてリード層36を形成することも可能である。

【0116】

次に、図1に示す保護層13を形成する。さらに対向面H1aを研磨して、対向面H1aに、補助磁極層21の前端面21b、絶縁層33の前端面33aおよび主磁極層24の前端面24aを同一面となるように露出させる。

【0117】

また必要に応じて、図1に示すスライダ11の対向面11aと垂直磁気記録ヘッドHvの対向面H1aとが、DLCなどのカーボンを主体とする耐摩耗性の保護膜で覆われる。

【0118】

なお、主磁極層24の下層以外にある全てのメッキ下地層24bをイオンミリングによって除去するときには、以下に示すようにヨーク層35の形成前にメッキ下地層24bを除去することが好ましい。

【0119】

まず、図16に示す工程の終了後、主磁極層24の下層以外にある全てのメッキ下地層24bをイオンミリングによって除去して図22の状態にする。

【0120】

ヨーク層35の形成前に、メッキ下地層24bの除去を行うと、主磁極層24の側辺24f1、24f1とメッキ下地層24bの側辺24b1、24b1を連続した直線形状または曲線形状にし、メッキ下地層24bと主磁極層24とに一つの略逆台形を構成させることが容易になる。従って、メッキ下地層の材料にNiFeやNiなどの磁性材料を用いることが容易になる。

【0121】

本工程のイオンミリングによっても、図22に示されるように、主磁極層24の下面両側に形成されている絶縁層33の表面33aは、主磁極層24から離れるにしたがって下面方向へ傾斜する傾斜面となる。または、絶縁層33の上面は

、主磁極層 24 から離れるにしたがって下面方向へ湾曲する湾曲面 33b となることもある。

【0122】

図 23 は、図 22 に示される工程終了後の垂直磁気記録ヘッドの縦断面図である。図 23 に示された垂直磁気記録ヘッドでは、主磁極層 24 の断面形状は図 22 に示される略逆台形となっている。

【0123】

次に、図 24 に示すように、主磁極層 24、絶縁層 33、接続層 25、及び底上げ層 31 上に無機絶縁材料の無機絶縁層 34 を成膜する。

【0124】

なお、主磁極層 24 の上面 24j を平坦化させる方法として、上述したイオンミリングを用いる方法の他に、主磁極層 24 を無機絶縁層 34 で覆った後、CMP 技術によって、上面 24j を平坦化することもできる。

【0125】

その後、主磁極層 24 の後方部 24c、接続層 25 の表面 25a 及び底上げ層 31 の表面 31a が露出するように、無機絶縁層 34 に穴部 34a、34b、34c を形成する。穴部 34a、34b、34c の形成後、主磁極層 24 の後方部 24c 上、無機絶縁層 34 上、接続層 25 の表面 25a 上及び底上げ層 31 の表面 31a 上にメッキ下地層 35d を成膜する。

【0126】

メッキ下地層 35d は、NiFe、Ni などの磁性材料または Cu、Au、Pd、Rh、Ru、Pt、NiLu、NiP、NiPd、NiW、NiB、NiMo、Ir、NiCu、NiCr、Cr、Ti などの非磁性材料を用いて形成する。

【0127】

次に、図 25 の工程に示すように、主磁極層 24 及び接続層 25 上に磁氣的に接続されるヨーク層 35 をメッキ形成する。このときヨーク層 35 のトラック幅方向における幅寸法が前記主磁極層 24 と重ねられた位置での前記主磁極層の幅寸法より幅広になる。

【0128】

なお本実施の形態でもヨーク層35の厚さH2は、主磁極層24の厚さH1よりも厚く形成される。

【0129】

従って、対向面H1aと平行な面で切断したときの断面で見たときに、主磁極層24の断面積が、ヨーク層35の後方領域部分の断面積よりも小さくなる。

【0130】

なお、主磁極層24はヨーク層35よりも飽和磁束密度Bsが高い磁性材料で形成されることが好ましい。

【0131】

次に底上げ層31と電氣的に接続されるリード層36を、底上げ層31上にCuなどの導電性材料を用いてメッキ形成し、ヨーク層35及びリード層36周辺の余分なメッキ下地層35dをイオンミリングによって除去する。

【0132】

なお、前記ヨーク層35と同時に、磁性材料を用いてリード層36を形成することも可能である。

【0133】

さらに、図1に示す保護層13を形成し対向面H1aを研磨して、対向面H1aに、補助磁極層21の前端面21b、絶縁層33の前端面33cおよび主磁極層24の前端面24aを同一面となるように露出させる。

【0134】

また必要に応じて、図1に示すスライダ11の対向面11aと垂直磁気記録ヘッドHvの対向面H1aとが、DLCなどのカーボンを主体とする耐摩耗性の保護膜で覆われる。

【0135】

ヨーク層35の形成前に、メッキ層24bの除去を行う場合でも、メッキ下地層24bを非磁性材料を用いて形成すれば、図22に示す工程において、主磁極層24以外の領域でメッキ下地層24bが完全に除去されなくとも、磁気記録特性が低下することを抑えることができる。

【0136】

すなわち、主磁極層24の側辺24f1, 24f1とメッキ下地層24bの側辺24b1, 24b1が連続した直線形状または曲線形状を構成していなくとも、例えば図27に示すように、主磁極層24の底面24kの内幅寸法（トラック幅方向の幅寸法）W8よりも、メッキ下地層24bの内幅寸法（トラック幅方向の幅寸法）W9の方が大きくなっても記録媒体上の記録トラックパターンが乱れることを防ぐことができる。

【0137】

ただし、図16に示す工程の後に、主磁極層24の下層以外にある全てのメッキ下地層24bを除去すると、主磁極層24の側面24f, 24fに、除去されたメッキ下地層24bの材料が再付着したり、主磁極層24の側面24f, 24fが削られたり、主磁極層24の上面24jが削られて、主磁極層24のトラック幅方向（内幅方向）の幅寸法がバラつくことがある。

【0138】

本実施の形態では、図12に示す工程でレジスト層40に形成された溝40aの側面40b, 40bを傾斜面とするために、熱処理を行う方法を示した。レジスト層40に形成された溝40aの側面40b, 40bを傾斜面または湾曲面とするための他の方法として、レジスト層40の材料の露光感度を選択してパターンニング精度を調節し、露光・現像の際にレジスト層の下面側よりも上面側の内幅寸法が幅広となり、側面40b, 40bが傾斜面または湾曲面となる溝40aを形成する方法がある。

【0139】

なお、図11の工程において溝40aを、接続層25に重なる位置にまでハイト方向に延して形成し、主磁極層24を接続層25と磁氣的に接続させるようにしても良い。

【0140】

また、図1において上部シールド層51と補助磁極層21を一体化して、ひとつの磁性層で前記上部シールド層と補助磁極層の機能を発揮させてもよい。

【0141】

なお、前記読取り部 H_R を設けず、スライダ11のトレーリング側端部11aに前記垂直磁気記録用の垂直磁気記録ヘッド H_v のみを搭載してもよい。

【0142】

【実施例】

図28は、前述した本発明の製造方法の実施の形態中の図13に示された工程にある垂直磁気記録ヘッドの主磁極層周辺の部分断面図である。

【0143】

図28の図示上方向から主磁極層24の縦方向の中心線Cに対して所定の角度 θ_4 だけ傾いた方向から異方的にミリング粒子を入射させるイオンミリングを行っている。

【0144】

図29は、主磁極層24の縦方向の中心線Cに対するミリング角度とエッチング速度との関係を示すグラフである。

【0145】

(□)で表されるグラフ曲線は、主磁極層24の高さ方向(図28に示すZ方向)のエッチング速度である。主磁極層24の高さ方向のエッチング速度は、中心線Cに対するミリング角度に依存している。グラフより前記ミリング角度が約40度のとき、最もエッチング速度が大きくなっている。前記ミリング角度が約40度より小さくなるにつれて、または約40度より大きくなるにつれてエッチング速度は小さくなっていく。特に前記ミリング角度が約70度前後のとき、前記ミリング角度の変化量に対するエッチング速度の変化率が最も大きくなっている。

【0146】

図28に示されるように、主磁極層24の上面24jは、中心部分が盛り上がった湾曲面となっているので、ミリング粒子が前記中心線Cに対して所定の角度 θ_5 だけ傾いた方向から異方的に入射する時、上面24j上の各点の接平面の法線方向とミリング粒子の入射方向との角度は前記各点ごとに異なる角度になる。

【0147】

例えば、図28の点P1における接平面S0の法線(中心線C)方向とミリン

グ粒子M1の入射方向との角度は θ_4 である。また、点P2における接平面S1の法線V1方向とミリング粒子M2の入射方向との角度を θ_{4a} とすると、 $\theta_4 \neq \theta_{4a}$ となる。従って、主磁極層24の上面24j上の各点における前記ミリング速度に差が生じる。

【0148】

本発明では、主磁極層24の上面24jをイオンミリングによってエッチングしていくときに、前記上面24j上の各点におけるエッチング速度に差を生じさせることができ、しかも、エッチングの進行とともに、上面24j上におけるエッチング速度の速さの分布が変化していくために、主磁極層24の上面24jの湾曲が全体としてなだらかになっていき、最後には前記上面24jを図14に示すように平坦面とすることができるのである。

【0149】

また、主磁極層24の高さ方向のミリング速度が遅すぎると、エッチング加工の効率が悪くなるので、前記角度 θ_4 は80度以下であることが好ましい。または、前記角度 θ_4 が70度以下であるとより好ましい。

【0150】

ただし、主磁極層24の高さ方向のミリング速度が速すぎると、加工後の主磁極層24の体積が小さくなり磁気記録特性が悪くなるので、前記角度 θ_4 は45度以上であることが好ましく、より好ましくは60度以上である。

【0151】

前記角度 θ_5 が60度以上70度以下であれば、前記角度 θ_4 の変化量に対するエッチング速度の変化率を大きくでき、前記上面24j上の各点におけるエッチング速度の差を大きくすることができ、前記上面24jを効率よく平坦化することができる。

【0152】

図30及び図31は、上述した垂直磁気記録ヘッドの製造方法の実施の形態の図21または図22に示す工程において、主磁極層24以外の領域でメッキ下地層24bが完全に除去されなかったときに、メッキ下地層24bが磁性材料を用いて形成された場合と非磁性材料を用いて形成した場合とで、磁気記録特性が変

化することを示すグラフである。

【0153】

図30は、メッキ下地層24bが磁性材料を用いて形成され主磁極層24以外の領域にもメッキ下地層24bが残存した垂直磁気記録ヘッドの磁気記録特性をマイクロトラックプロファイル法によって測定した結果を示している。

【0154】

マイクロトラックプロファイル法とは、記録媒体上に微小トラックである信号を記録しておき、磁気抵抗効果素子などの再生素子を記録トラック上でトラック幅方向に走査させて再生出力を読み取ることにより、記録トラック上のトラック幅方向の記録信号強度分布を測定するものである。

【0155】

図30に示されるように、磁性材料を用いて形成されたメッキ下地層24bが主磁極層24以外の領域に残存していると、記録トラック上には主信号S_mのピーク以外にサイド信号S_sのピークが現れる。このサイド信号S_sは、磁極層24以外の領域に残存したメッキ下地層24bによって書き込まれたものであり、垂直磁気記録ヘッドにスキュー角が生じたときに特に発生しやすくなる。

【0156】

図31は、メッキ下地層24bが非磁性材料を用いて形成され主磁極層24以外の領域にもメッキ下地層24bが残存した垂直磁気記録ヘッドの磁気記録特性をマイクロトラックプロファイル法によって測定した結果を示している。

【0157】

図31に示されるように、非磁性材料を用いて形成されたメッキ下地層24bが主磁極層24以外の領域に残存していても、記録トラック上には主信号S_mのピークのみが現れ、サイド信号S_sは検出されない。

【0158】

すなわち、メッキ下地層24bが非磁性材料を用いて形成された場合には、主磁極層24の側辺24f1、24f1とメッキ下地層24bの側辺24b1、24b1が連続した直線形状または曲線形状を構成していなくとも、例えば図27に示すように、主磁極層24の底面24dのトラック幅方向の幅寸法W8よりも

、メッキ下地層 2 4 b トラック幅方向の幅寸法 W 9 の方が大きくなっても記録媒体上にサイド信号 S s が現れることを防いで、記録トラックパターンが乱れることを防ぐことができることがわかる。

【 0 1 5 9 】

主磁極層 2 4 の底面 2 4 d のトラック幅方向の幅寸法よりも、メッキ下地層 2 4 b トラック幅方向の幅寸法の方が大きくなっても記録トラックパターンが乱れることを防ぐことができるのは図 2 に示された垂直磁気記録ヘッドでも同様である。

【 0 1 6 0 】

従って、メッキ下地層 2 4 b が非磁性材料を用いて形成することにより、垂直磁気記録ヘッドの高記録密度化対応を容易にすることができる。

【 0 1 6 1 】

【発明の効果】

以上詳細に説明した本発明の製造方法によって垂直磁気記録ヘッドを製造すると、前記記録媒体との対向面において垂直磁気記録ヘッドの前記主磁極層の正面形状を略逆台形にすることができる。従って、記録媒体に記録を行うとき、前記主磁極層の側辺が記録媒体の移動接線方向に対してスキュー角を生じても、前記側辺が記録トラックの外にはみ出すことを防ぐことができ、フリンジングを防止できるようになり、オフトラック性能の向上を図ることができる。

【 0 1 6 2 】

また、本発明では、前記主磁極層の上面を平坦化させることにより、前記対向面において前記主磁極層の前記上辺を直線形状にすることができ、前記記録トラックの磁区境界も直線形状となり、記録トラックの長さ方向の記録密度を上げて鮮明な記録磁化分布を得ることができ、良好な記録再生特性を得ることができる。

【 0 1 6 3 】

また本発明では、前記主磁極層の両側に前記レジスト層が位置している状態で、前記主磁極層をイオンミリングにかけるので、イオンミリングによって前記主磁極層の前記上面のみが研削され、前記主磁極層の側面は研削されないようにで

きる。すなわち、前記主磁極層を高さ方向にのみ削ることによって前記主磁極層の前記上面の内幅寸法、すなわち垂直磁気記録ヘッドのトラック幅 T_w 寸法を設定することができる。従って、主磁極層の加工精度を向上させることが容易になり、垂直磁気記録ヘッドのトラック幅 T_w 寸法をより正確に規定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明によって製造された垂直磁気記録ヘッドが記録媒体に対向している状態を示す断面図、

【図 2】

図 1 に示す垂直磁気記録ヘッドを記録媒体との対向面から見た正面図、

【図 3】

図 1 の B 矢視の平面図、

【図 4】

本発明の他の実施の形態によって製造された垂直磁気記録ヘッドを上方向から見た平面図、

【図 5】

本発明の他の実施の形態によって製造された垂直磁気記録ヘッドを上方向から見た平面図、

【図 6】

図 1 ないし図 3 に示された垂直磁気記録ヘッドにスキュー角が発生した状態を示す説明図、

【図 7】

垂直磁気記録ヘッドの製造工程を説明する縦断面図、

【図 8】

垂直磁気記録ヘッドの製造工程を説明する縦断面図、

【図 9】

垂直磁気記録ヘッドの製造工程を説明する縦断面図、

【図 1 0】

垂直磁気記録ヘッドの製造工程を説明する縦断面図、

【図 1 1】

垂直磁気記録ヘッドの製造工程を説明するものであり、(A)は横断面図、(B)は垂直磁気記録ヘッドの上方向から見た平面図、

【図 1 2】

垂直磁気記録ヘッドの製造工程を説明するものであり、(A)は横断面図、(B)は垂直磁気記録ヘッドの上方向から見た平面図、

【図 1 3】

垂直磁気記録ヘッドの製造工程を説明する横断面図、

【図 1 4】

垂直磁気記録ヘッドの製造工程を説明する横断面図、

【図 1 5】

垂直磁気記録ヘッドの製造工程を説明する横断面図、

【図 1 6】

垂直磁気記録ヘッドの製造工程を説明するものであり、(A)は横断面図、(B)は垂直磁気記録ヘッドの上方向から見た平面図、

【図 1 7】

垂直磁気記録ヘッドの製造工程を説明する縦断面図、

【図 1 8】

垂直磁気記録ヘッドの製造工程を説明する縦断面図、

【図 1 9】

垂直磁気記録ヘッドの製造工程を説明する縦断面図、

【図 2 0】

垂直磁気記録ヘッドの製造工程を説明するものであり、(A)は横断面図、(B)は垂直磁気記録ヘッドの上方向から見た平面図、

【図 2 1】

垂直磁気記録ヘッドの製造工程を説明する横断面図、

【図 2 2】

垂直磁気記録ヘッドの他の製造工程を説明する横断面図、

【図 2 3】

垂直磁気記録ヘッドの他の製造工程を説明する縦断面図、

【図 2 4】

垂直磁気記録ヘッドの他の製造工程を説明する縦断面図、

【図 2 5】

垂直磁気記録ヘッドの他の製造工程を説明する縦断面図、

【図 2 6】

垂直磁気記録ヘッドの他の製造工程を説明する縦断面図、

【図 2 7】

垂直磁気記録ヘッドの他の製造工程を説明する部分正面図、

【図 2 8】

イオンミリングにかけられている主磁極層の横断面図、

【図 2 9】

イオンミリングのミリング角度と主磁極層のエッチング速度の関係を示すグラフ

【図 3 0】

主磁極層以外の領域に磁性材料からなるメッキ下地層が残存した垂直磁気記録ヘッドの磁気記録特性、

【図 3 1】

主磁極層以外の領域に非磁性材料からなるメッキ下地層が残存した垂直磁気記録ヘッドの磁気記録特性、

【図 3 2】

従来の垂直磁気記録ヘッドを示す断面図、

【図 3 3】

従来の垂直磁気記録ヘッドの部分正面図、

【図 3 4】

従来の垂直磁気記録ヘッドにスキュー角が発生した状態を示す説明図、

【符号の説明】

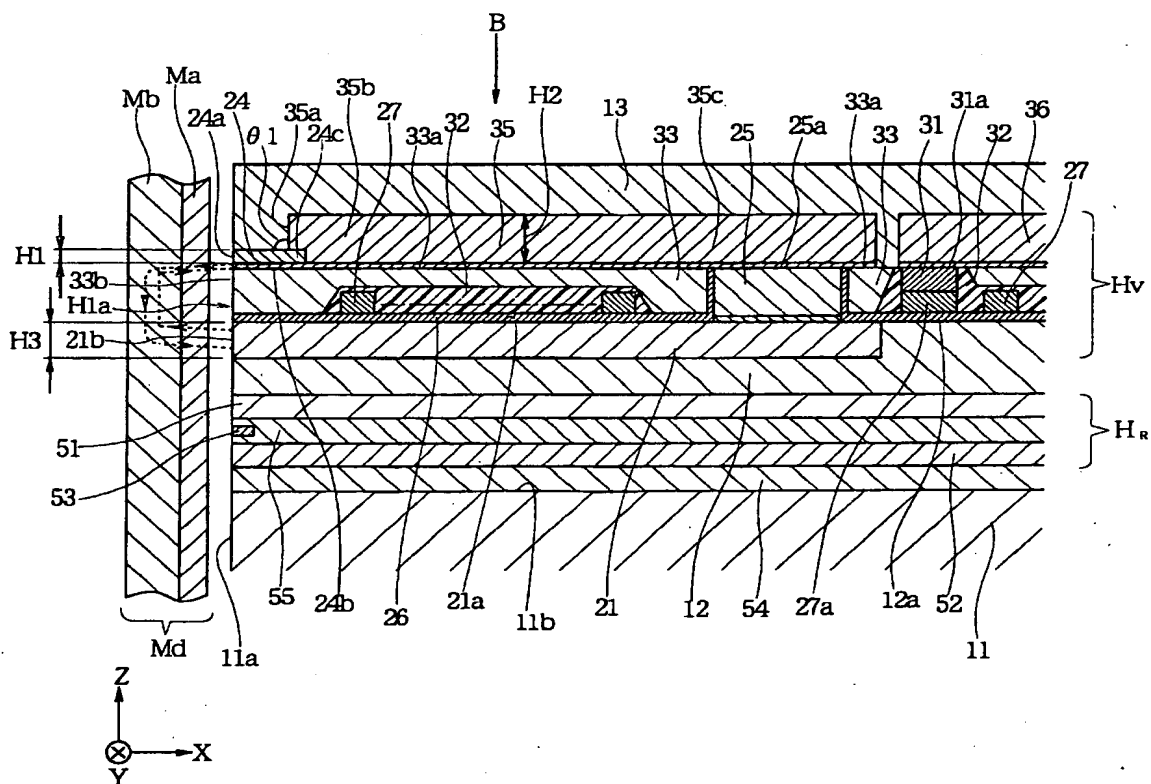
H v 垂直磁気記録ヘッド

H 1 a 対向面
M d 記録媒体
M a ハード膜
M b ソフト膜
1 1 スライダ
1 2 非磁性絶縁層
1 3 保護層
2 1 補助磁極層
2 4 主磁極層
2 4 b メッキ下地層
2 5 接続層
2 6 非磁性絶縁層
2 7 コイル層
3 1 底上げ層
3 2 有機材料の絶縁層
3 3、3 4 無機絶縁層
3 5 ヨーク層
3 6 リード層

【書類名】 図面

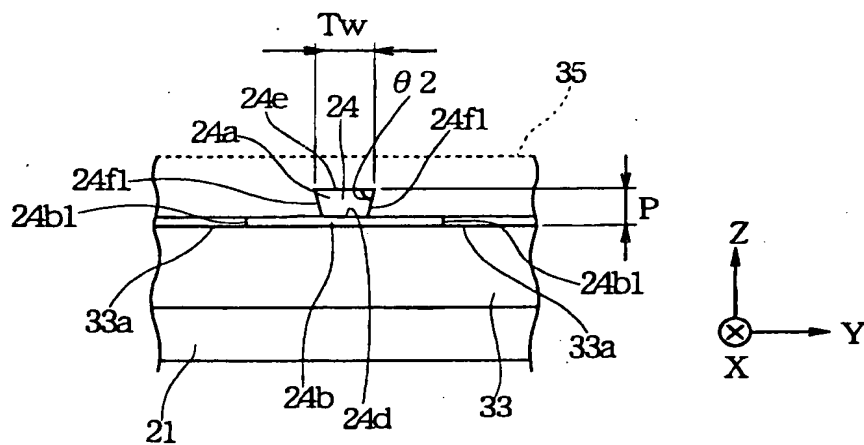
【図 1】

図 1



【図 2】

図 2



【図 3】

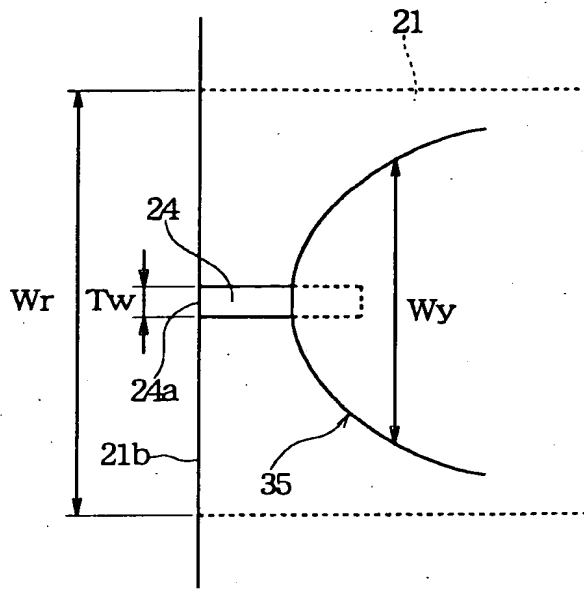


図 3

【図 4】

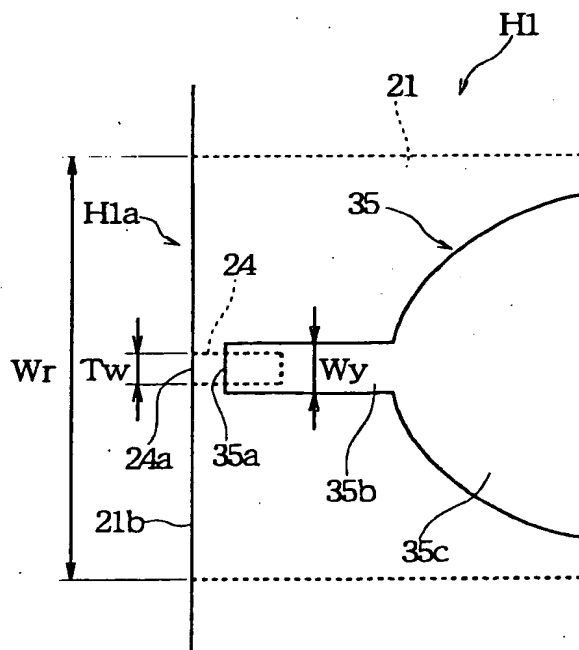


図 4

【図 5】

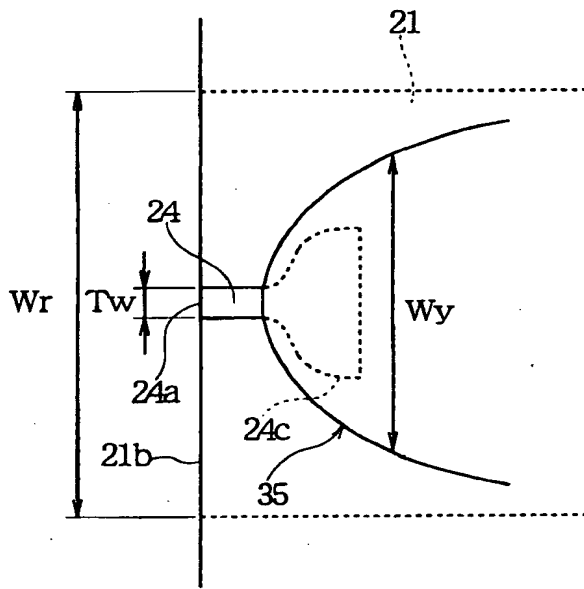


図 5

【図 6】

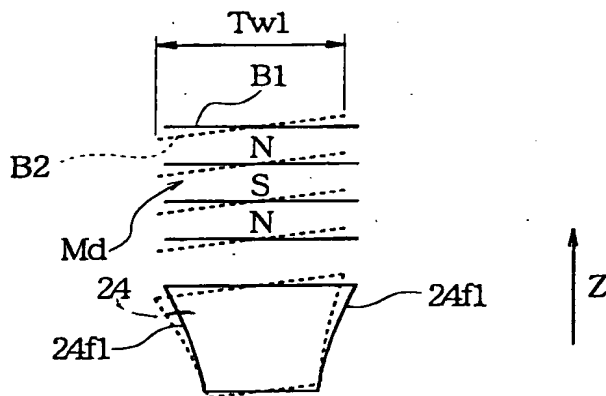
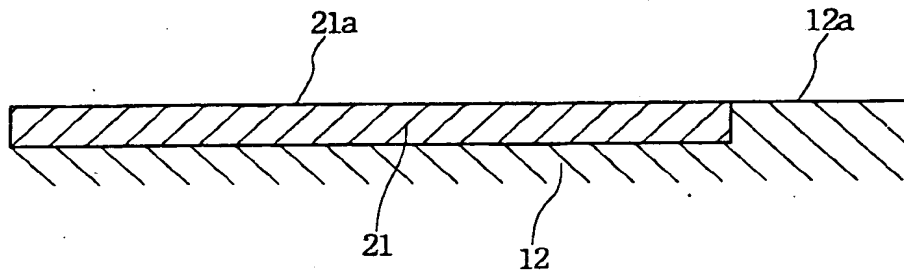


図 6

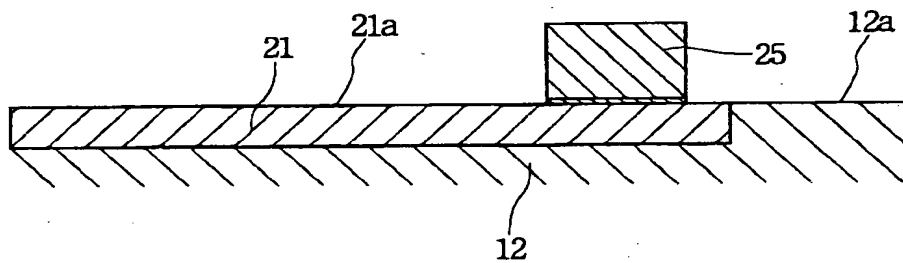
【図 7】

図 7



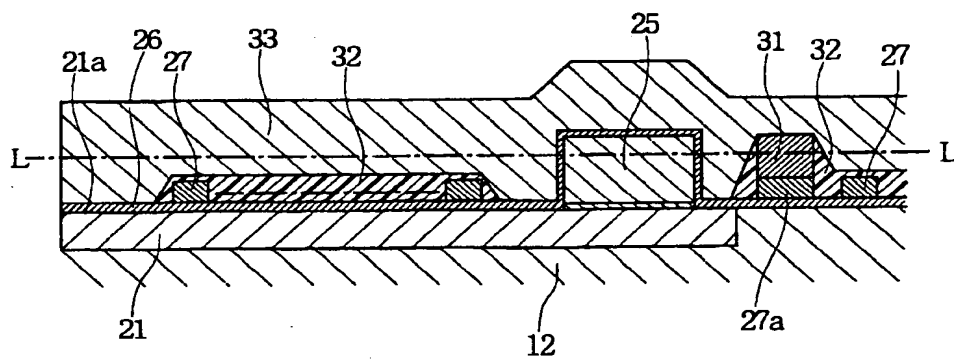
【図 8】

図 8



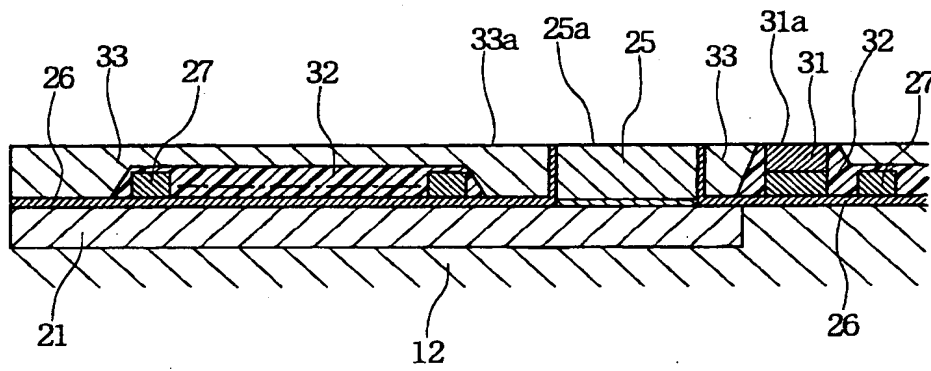
【図 9】

図 9



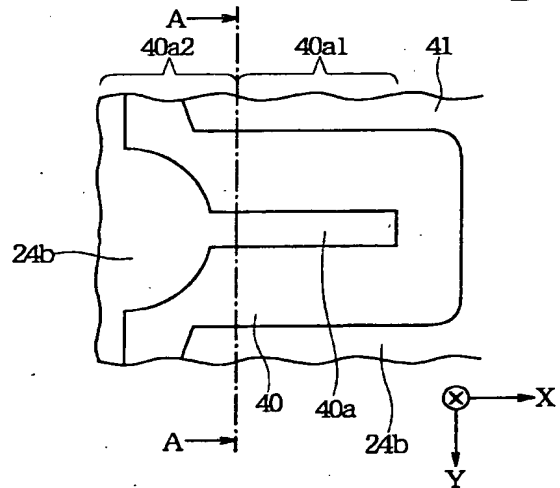
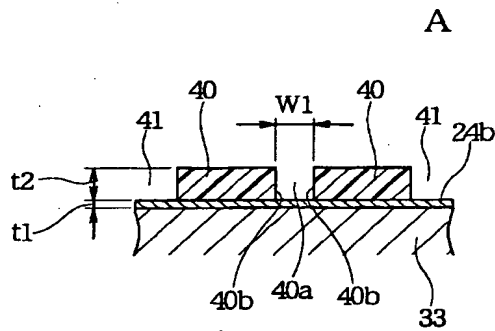
【図 1 0】

図 10

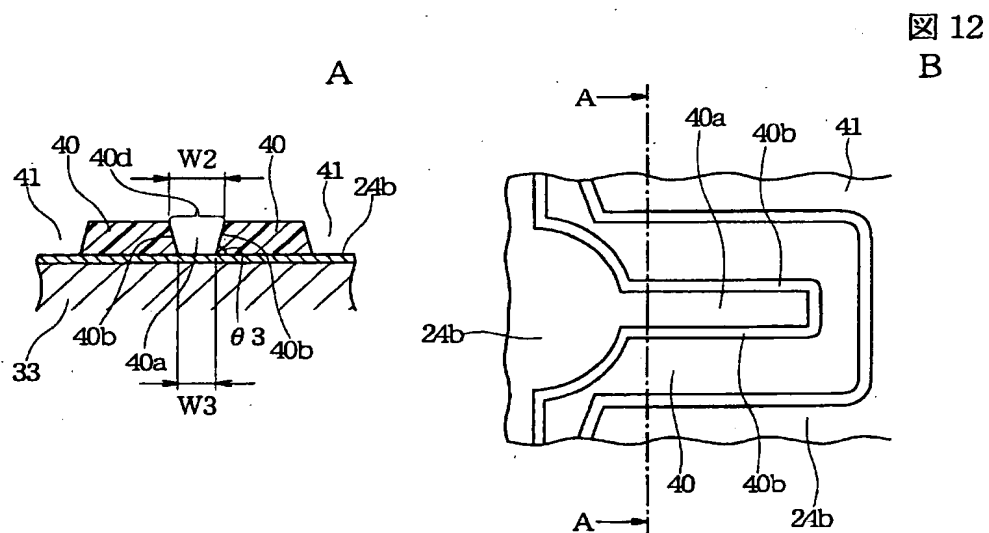


【図 1 1】

図 11
B

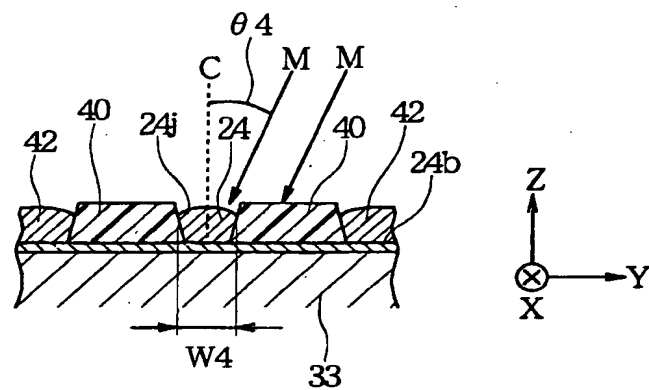


【図 12】



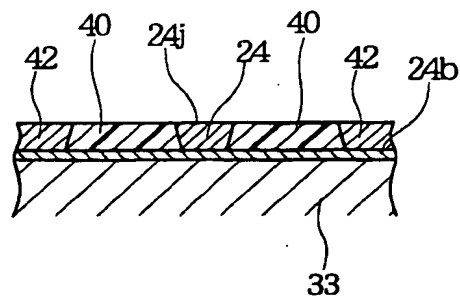
【図 13】

図 13



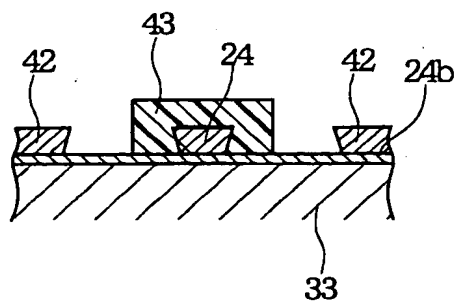
【図 14】

図 14



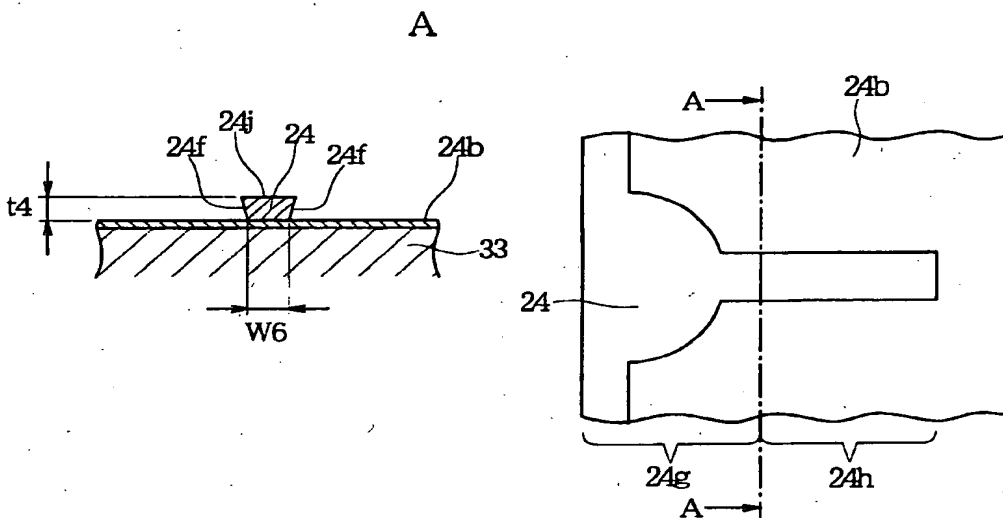
【図 15】

図 15



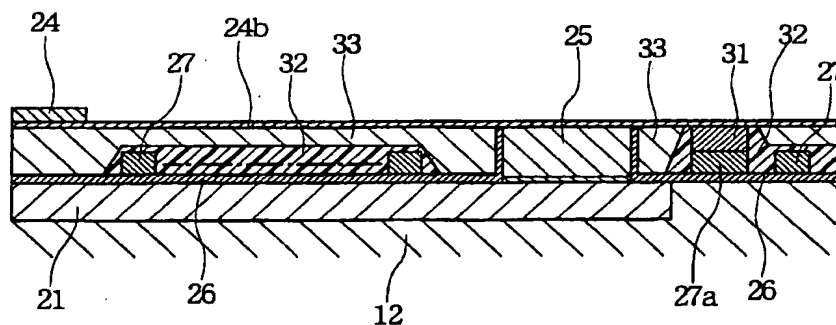
【図 16】

図 16



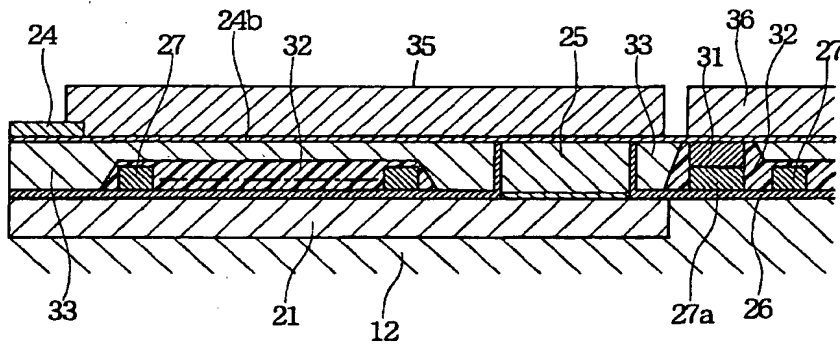
【図 17】

図 17



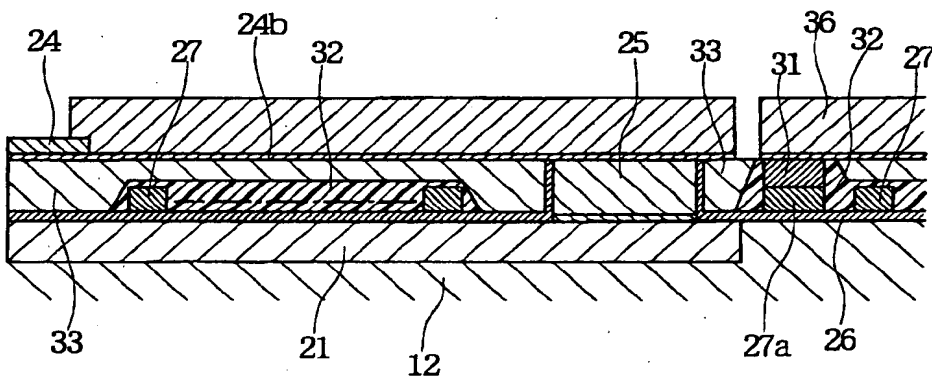
【図 1 8】

図 18

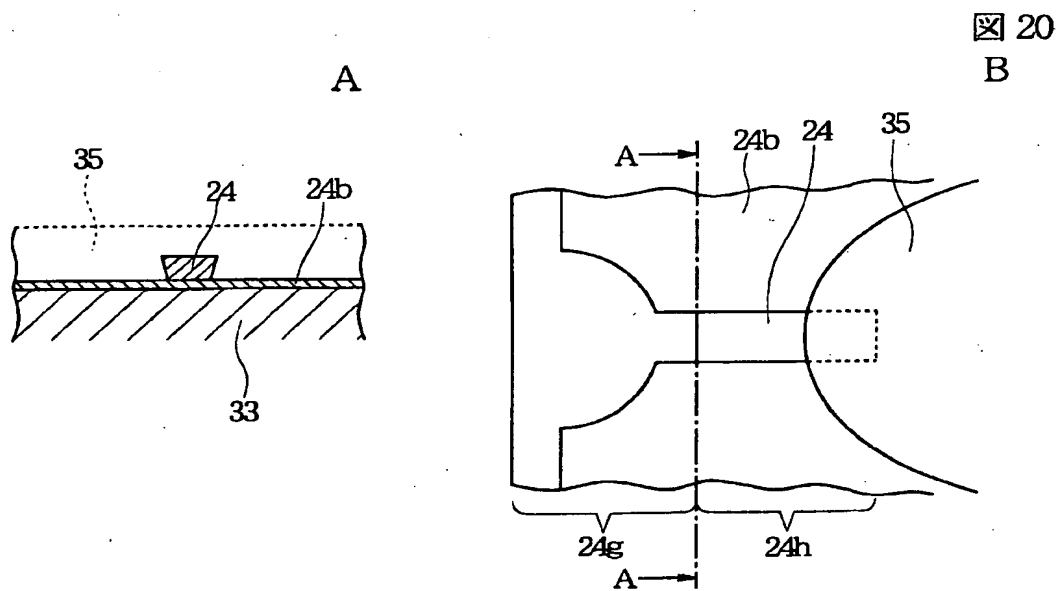


【図 1 9】

図 19

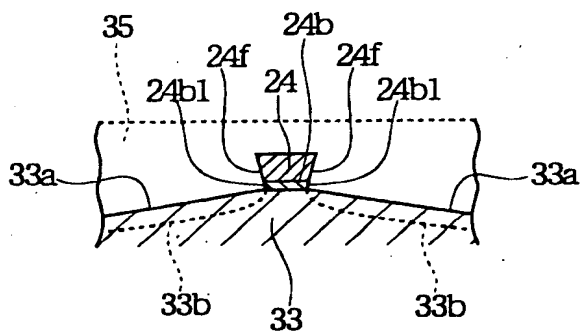


【図 20】



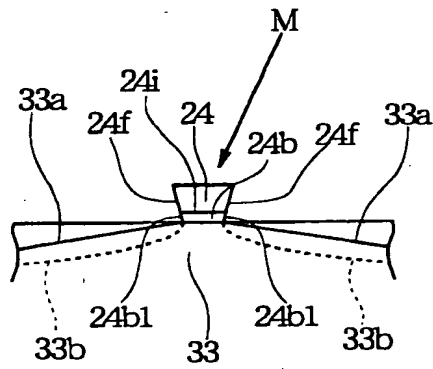
【図 21】

図 21



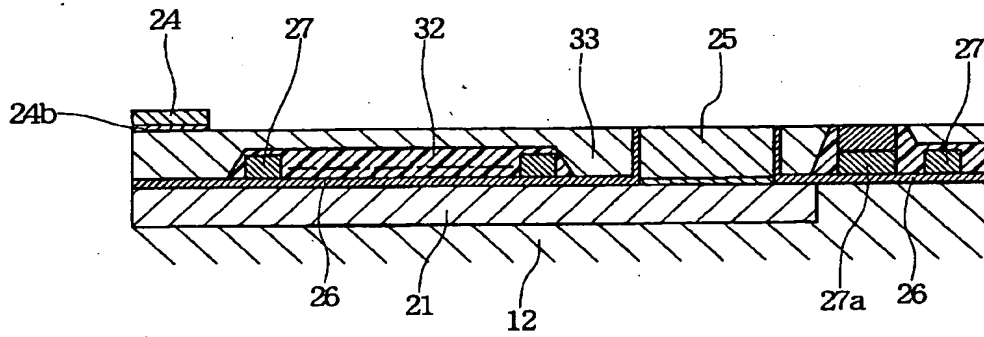
【図 22】

図 22



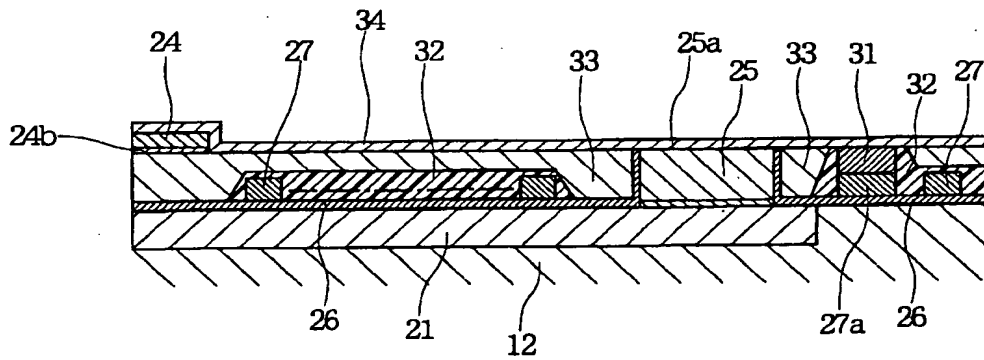
【図 23】

図 23

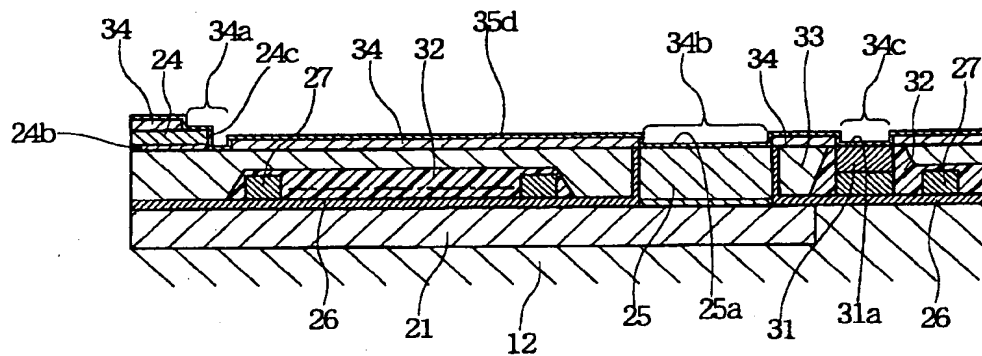


【図 24】

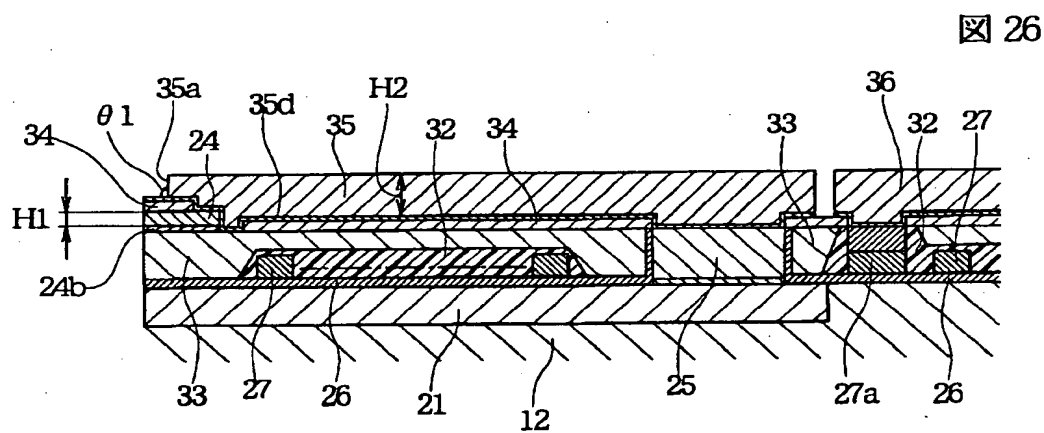
図 24



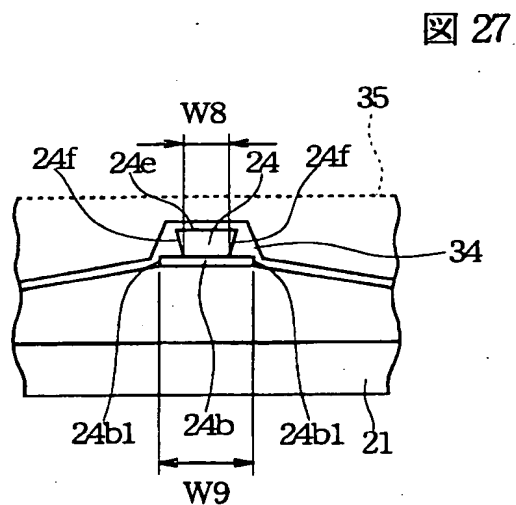
【図 25】



【図 26】

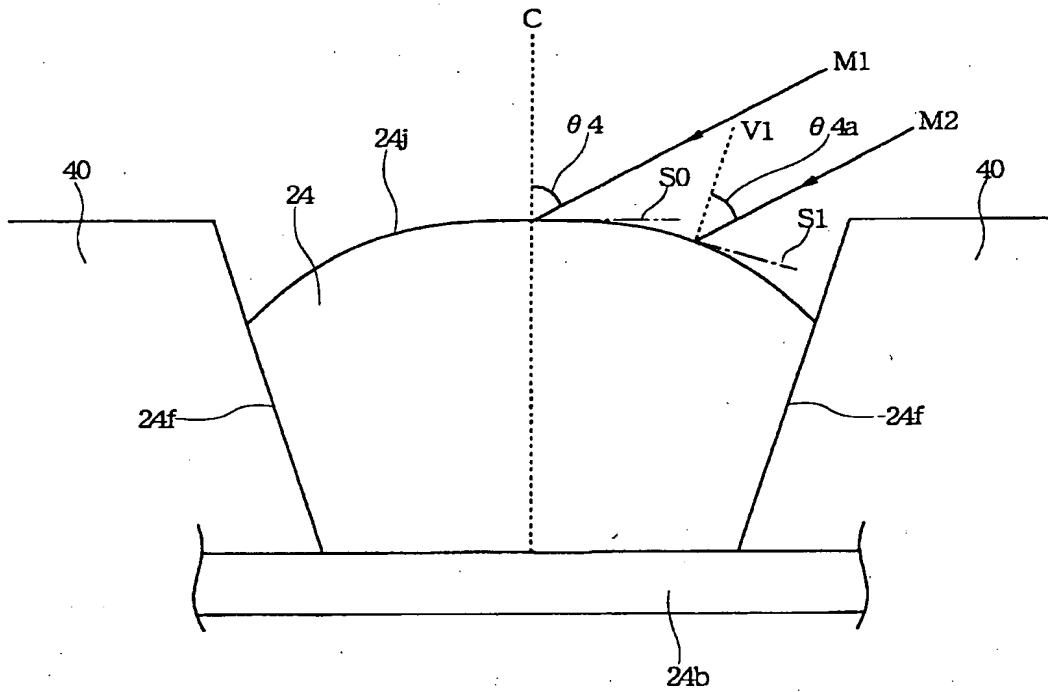


【图 2 7】



【図 2 8】

図 28

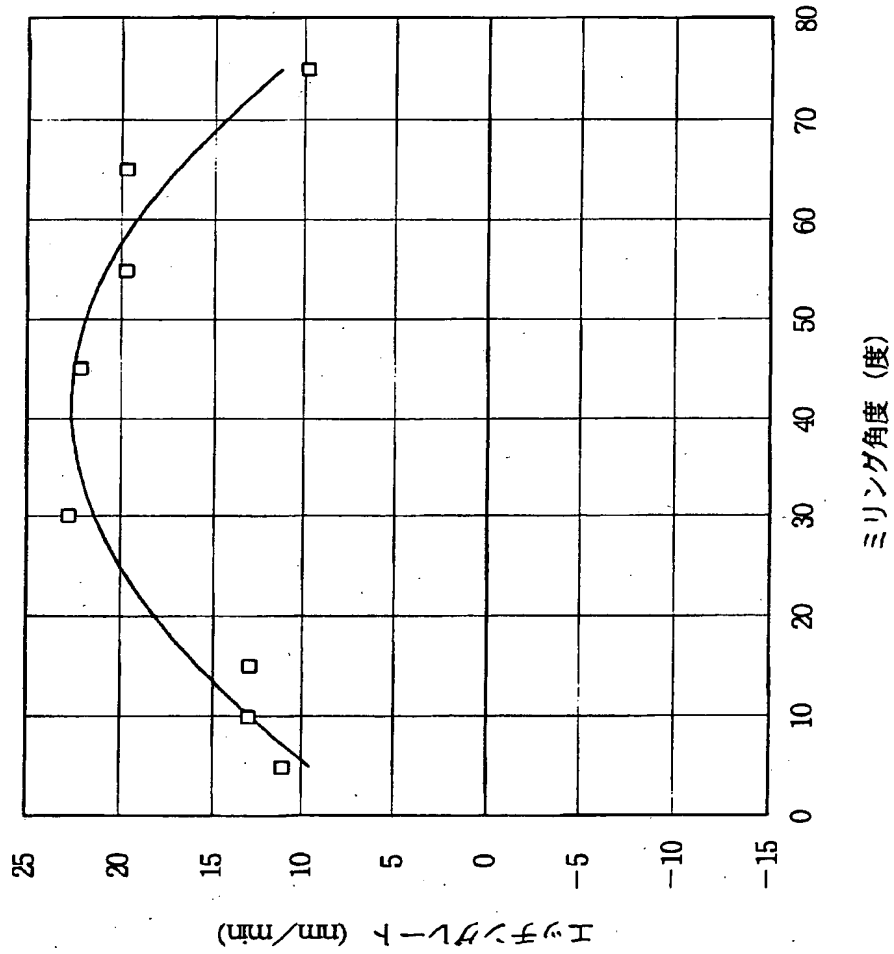


【図 29】

図 29

ミリングパワー
600mA/800V

ミリング角度 v.s. エッチングレート



【図 30】

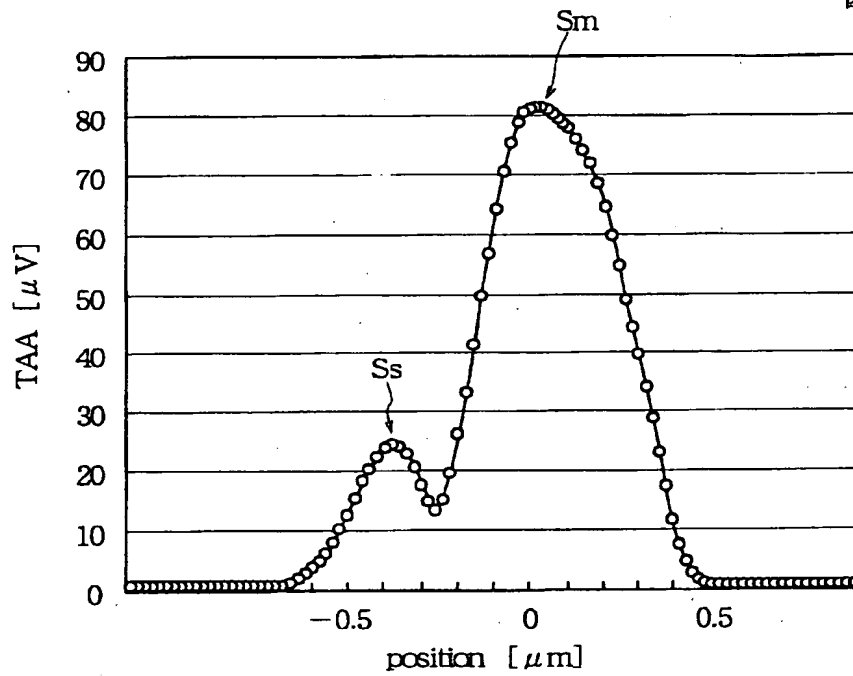
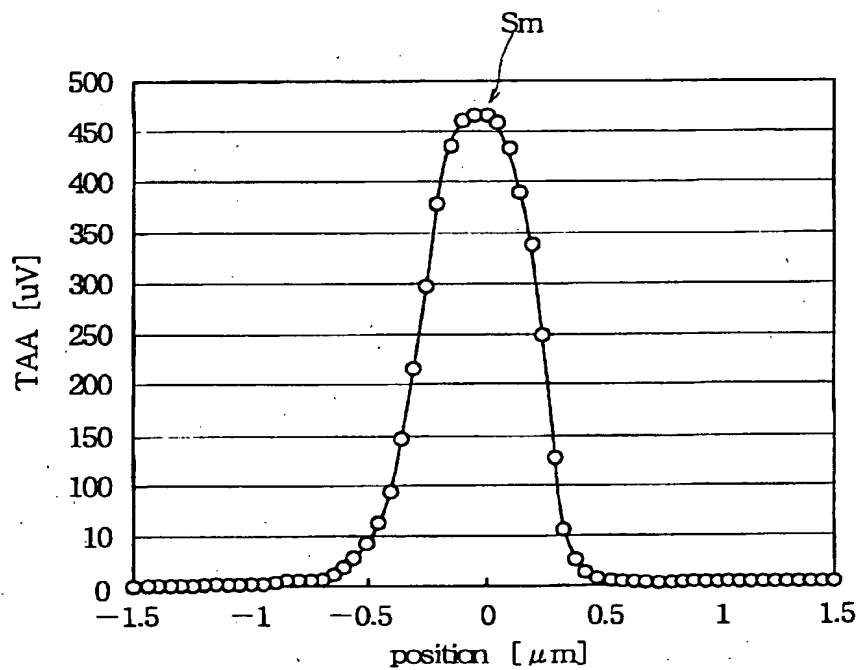


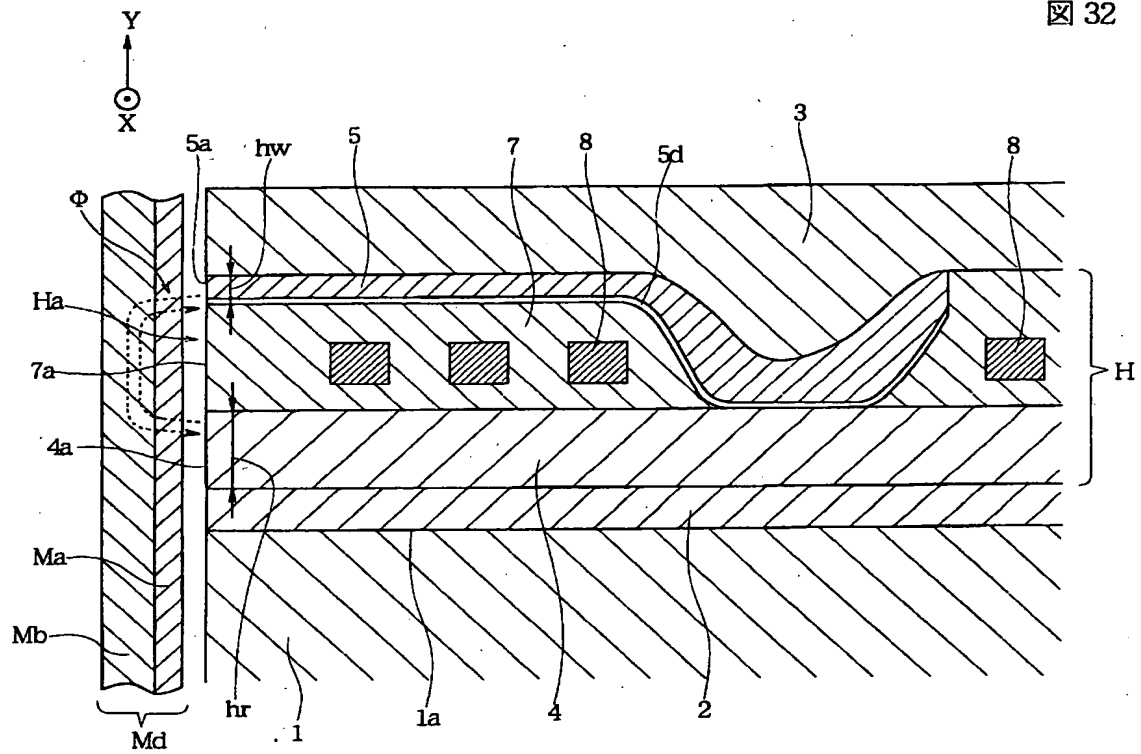
図 30

【図 31】

図 31

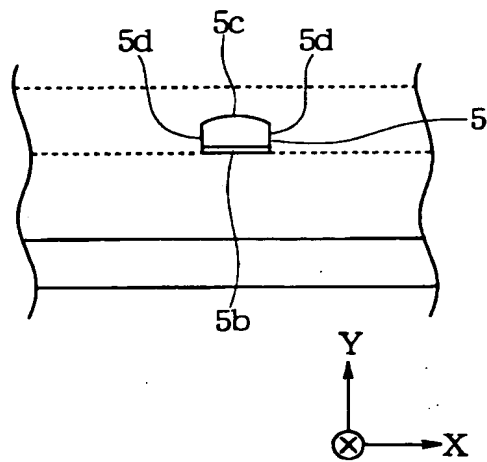


【図 3 2】

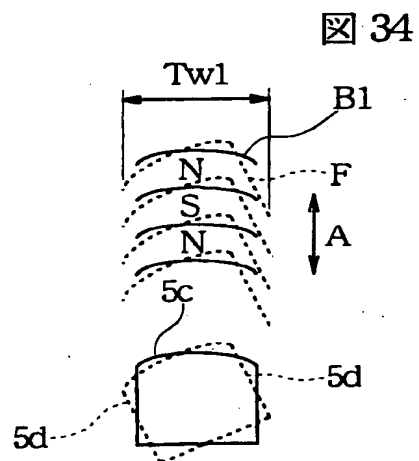


【図 3 3】

図 33



【図 3 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 従来の垂直記録型の垂直磁気記録ヘッドでは、スキュー角が発生したときにサイドフリンジングが発生していた。

【解決手段】

主磁極層 2 4 の記録媒体との対向面での正面形状を略逆台形にすることにより、スキュー角が発生しても側辺 2 4 f 1 がトラックの幅方向にはみ出すことが防止でき、サイドフリンジングを抑えることができる。

【選択図】 図 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000010098]

1. 変更年月日	1990年 8月27日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都大田区雪谷大塚町1番7号
氏 名	アルプス電気株式会社